

Mobilitet for fremtiden

Riis, Søren

Publication date:
2018

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Riis, S. (2018). *Mobilitet for fremtiden*. Transport-, Bygnings- og Boligministeriet.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain.
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact rucforsk@kb.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

EKSPERTGRUPPEN

Mobilitet for fremtiden





Afrapportering
Marts 2018

Udgivet af: Transport-, Bygnings- og Boligministeriet
Frederiksholms Kanal 27F
1220 København K

Marts 2018

ISBN trykt udgave: 978-87-93292-35-2

ISBN netudgave: 978-87-93292-36-9

Grønne fotomontager: Montagebureauet aps – på baggrund af Ulrik Jantzens fotos

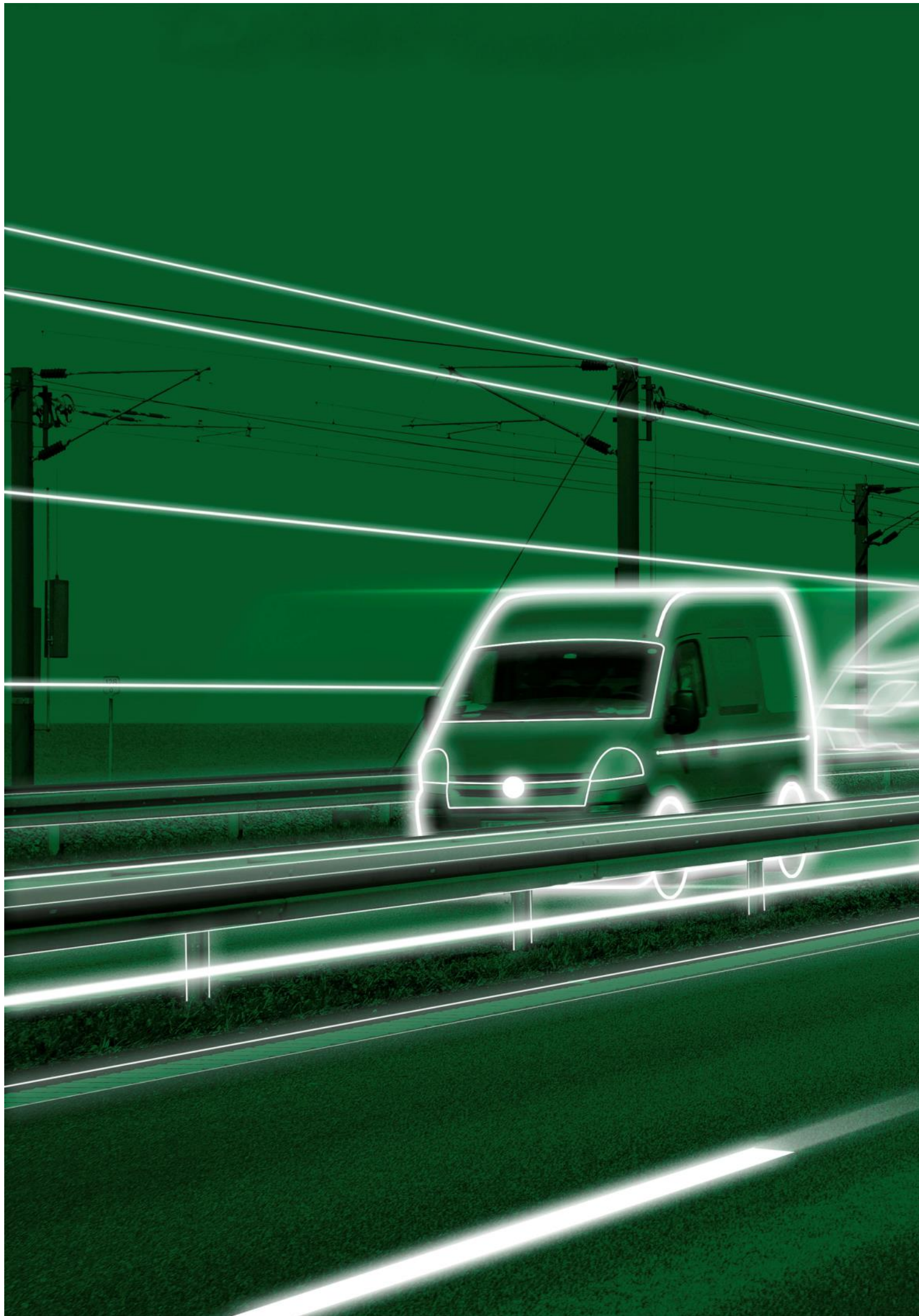
Tryk: Rosendahls a/s

Oplag: 500

Samlet rapportindhold

Indledning	7
Ekspertgruppens opgave.....	7
Ekspertgruppens medlemmer.....	8
Ekspertgruppens arbejde	8
Rapportens indhold	9
1 Sammenfatning af hovedindsigter	11
Fremtidsperspektiver for transportsystemet i lyset af automatisering og nye forretningskoncepter.....	11
Mellem byerne.....	14
De største byer	16
Ringbyerne omkring de største byer	18
Øvrige byer og landområder	19
Mere effektiv udnyttelse af transportsystemet	20
Distribution og e-handel	21
Klimaudfordringens konsekvenser i transportsektoren	22
Trafiksikkerhed	23
2 Forståelsesramme	25
2.1 Transportpolitikken.....	25
2.2 Mobilitet for fremtiden – centrale udfordringer	29
2.3 Analyseramme og effektivvurdering	30
2.4 Nye transportteknologier og forretningsmodeller i samspil med generelle samfundstendenser.....	35
3 Samfundstendenser	39
3.1 Økonomisk vækst – Vi rejser mere og køber flere ting, når vi bliver rigere.....	39
3.2 Demografi – befolkningen vokser og bliver ældre	41
3.3 Urbanisering – fra land til by og fra mindre til større byer.....	43
3.4 Globalisering – øget international arbejdsdeling	47
3.5 Transportsystemet – stigende hastigheder, men måske ikke fremover.....	48
3.6 Livsstil- og holdningsændringer påvirker transportadfærden.....	49
3.7 Trafikomfang og trængsel i fremtiden.....	51
3.8 Klimaudfordringens konsekvenser for transportsektoren	59
Appendix 3.A De unges kørekorthold, bilejerskab og bilkørsel.....	63
Appendix 3.B Udvikling i rejsehastigheden 2015-2030	64
4 Digitalisering	67
4.1 Signalregulering og trafikledelse.....	67
4.2 Forbundne køretøjer.....	76
4.3 Dataadgang	83
5 Nye forretningsmodeller	91
5.1 Indledning.....	91
5.2 Delebiler.....	93
5.3 Samkørsel	97
5.4 Mobility-as-a-Service (MaaS)	102
5.5 E-handel	105

6	Automatisering.....	111
6.1	Tre udviklingsspor for automatisering af persontransport på vejnettet	111
6.2	Grader af automatisering.....	114
6.3	Selvstyrende biler– automatisering af private biler på niveau 3.....	116
6.4	Førerløse biler – automatisering af private biler på niveau 4/5	125
6.5	Førerløs taxa - automatisering af delebiler på niveau 4/5	132
6.6	Førerløse minibusser.....	136
6.7	Automatiserede BRT-løsninger	139
6.8	Fremtidens togdrift.....	141
6.9	Fly	144
6.10	Færger.....	145
7	Mobilitet for fremtiden	149
7.1	Mellem byerne	150
7.2	De fire største byer	153
7.3	Ringbyerne omkring de fire største byer	157
7.4	Øvrige byer og landområder	159
7.5	Godstransport	160
7.6	Analyse på tværs af transportformer og geografier	166
7.7	Betydning for transportpolitikens beslutningsgrundlag.....	170
	Litteratur	171
	Slutnoter	177





Indledning

Transport-, bygnings- og boligministeren nedsatte i juni 2017 ekspertgruppen Mobilitet for fremtiden.

Ekspertgruppens opgave

Ekspertgruppen fik tildelt følgende kommissorium:

”Det danske samfund har gennem årtier oplevet en støt og markant stigning i mobiliteten gennem den løbende udvikling af transportsystemet. Bedre mobilitet har nationalt såvel som globalt fået afgørende betydning for den økonomiske vækst og velstand. Overordnet set har udviklingen været drevet af en kombination af omfattende investeringer i infrastruktur, teknologiudvikling og en række langsigtede globale samfundstendenser af økonomisk, demografisk og kulturel karakter.

Digitalisering og automatisering har revolutioneret verden de sidste 10-20 år, ikke mindst gennem udbredelsen af intelligent kommunikationsteknologi. Det driver i disse år udviklingen af nye innovative løsninger inden for transportsektoren med en dynamik, som forventes at være særligt kraftig i det kommende årti.

I takt med, at nye idéer og koncepter materialiseres og modnes, breder der sig gradvist en erkendelse af, at den igangværende transformation af transportformerne kombineret med nye forretningsmodeller har potentiale til at omkalfatre vores behov for og syn på mobilitet og dermed, hvor meget og hvordan vi i fremtiden vil transportere os.

Transport- Bygnings- og Boligministeriet ønsker en analyse af de mulige fremtidsperspektiver for mobiliteten og transportsystemet som følge af den igangværende teknologiske transformation. Formålet med analysen er at rådgive ministeriet om den teknologiske udviklings implikationer for de kommende års transportpolitiske beslutninger.

Analysen ønskes gennemført af en gruppe eksperter med bred faglig indsigt i området. Det vil sige, at ekspertgruppen som minimum skal have viden om trafikmodeller, transportøkonomi, byplanlægning, arbejdsmarkedsforhold og teknologiens betydning for fremtidens udbud af mobilitet. Konkret forventes ekspertgruppen:

- at skabe overblik over de centrale teknologiske drivkræfter og samfundstendenser på transportområdet
- at beskrive, hvordan drivkræfter og samfundstendenser vil påvirke efterspørgsel efter og udbud af mobilitet på basis af eksisterende viden
- at give bud på, hvor hurtigt forandringerne vil ske

Ekspertgruppen bør i sine anbefalinger have fokus på transportpolitiske beslutninger vedr. såvel person- som godstransport på vej og bane samt med færger og fly, som skal træffes inden for de kommende 5 til 10 år. Ekspertgruppen kommer ikke med forslag til konkrete statslige investeringer.

Ekspertgruppen inddrager offentligheden under arbejdet med analysen. Afrapporteringen af arbejdet finder sted i efteråret 2017.”

Ekspertgruppens medlemmer

Ekspertgruppen er sammensat af følgende personer:

- **Niels Buus Kristensen**, (formand), cand.polit og Ph.D. fra Københavns Universitet, forskningsleder ved Transportøkonomisk Institut i Oslo og medlem af Klimarådet.
- **Anette Enemark**, civ.ing. med speciale i fysisk planlægning fra Aalborg Universitet og fagjournalist fra Aarhus Journalisthøjskole.
- **Katinka Hauxner**, cand.scient.pol, bypolitisk rådgiver og indehaver af rådgiver-virksomheden Hauxner ApS (udtrådt pr. december 2017).
- **Maria Wass-Danielsen**, civilingeniør fra DTU og partner i rådgivervirksomheden Urban Creators (indtrådt pr. december 2017).
- **Mogens Fosgerau**, professor i transportøkonomi ved Økonomisk Institut, Københavns Universitet.
- **Otto Anker Nielsen**, professor, civilingeniør og Ph.D. fra DTU. Leder af DTU Trafik-modeldivisionen på DTU Management Engineering samt Transport DTU. Medejer og bestyrelsesformand for Rapidis ApS.
- **Søren Riis**, Dr. Fil. Og Ph.D. fra Albert-Ludwigs-Universität i Tyskland, lektor i teknologi- og videnskabsfilosofi (Roskilde Universitet), co-founder af GoMore, leder af forskergruppen SAINt og associeret partner ved Institut for Fremtidsforskning.

Transport-, Bygnings- og Boligministeriets departement har sekretariatsbetjent ekspertgruppen. Vejdirektoratet, Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen, Banedanmark og DTU har deltaget i en følgegruppe, som løbende har bidraget med arbejdsnotater inden for deres fagområder samt faglig kvalitetssikring af afrapporteringen.

Ekspertgruppens arbejde

Ekspertgruppen har i perioden 19. juni 2017 til 15. januar 2018 holdt et sættemøde og 8 arbejdsgruppemøder.

For at få yderligere input til arbejdet holdt ekspertgruppen en workshop i september 2017 med inddragelse af følgende eksterne deltagere:

- Klaus Bondam, Cyklistforbundet
- Maria Wass-Danielsen, Urban Creators
- Søren Saugstrup Nielsen, MOE-Tetraplan
- Torben Lund Kudsk, FDM
- Bahar Namaki Araghi, Københavns Kommune
- Jeppe Rich, DTU
- Niels Bjørn, Bureauet Niels Bjørn
- Svend Tøfting, ITS Danmark/Region Nordjylland
- Jürgen Müller, DSB
- Per Homann Jespersen, Roskilde Universitet
- Gunnar Johansson, IBM
- Lasse Repsholt, Danske Busvognmænd
- Kåre Albrechtsen, Region Hovedstaden
- Jesper Overgaard, Metroselskabet
- Henrik Sylvan, DTU

- Steffen Rasmussen, Københavns Kommune
- Martin C. Hansen, Mover
- Niels Ralund, Foreningen for Dansk Internethandel
- Michael Svane, DI Transport
- Jørn-Henrik Carstens, ITD
- Michael Henriques, DTU
- Søren Have, Rambøll

Offentligheden har løbende kunnet orientere sig om udviklingen i ekspertgruppens arbejde på hjemmesiden: <https://www.trm.dk/da/temaer/mobilitet-for-fremtiden>.

Rapportens indhold

Rapporten består af 7 kapitler, som er bygget op på følgende måde:

- I **kapitel 1** præsenteres sammenfatningen med ekspertgruppens hovedindsigter. I kapitlet findes en række bokse med hovedindsigter, som i princippet kan læses uafhængigt af resten af kapitlet. Den øvrige del af kapitlet uddyber hovedindsigterne, men på et sammenfattende niveau. Såfremt man ønsker at gå mere i dybden med forskellige temaer, skal man læse de øvrige kapitler i rapporten.
- I **kapitel 2** gennemgås ekspertgruppens forståelsesramme og tilgang. Der præsenteres et sæt af indikatorer til en systematisk vurdering af de vigtigste konsekvenser af de nye transportteknologier og forretningsmodeller.
- **Kapitel 3** indeholder et overblik over de samfundstendenser og teknologiske nybrud, som har præget samfundet gennem de seneste årtier. Dette fungerer som et vigtigt baggrundstæppe for betydningen for transportporten af nye teknologier og forretningsmodeller, som er på vej ind i transportsektoren.
- **Kapitel 4** dykker ned i tre digitaliseringsområder som muliggør bedre kapacitetsudnyttelse, sikrer transport og nemmere adgang til data: *Signalregulering og trafikledelse, forbundne biler og dataadgang*.
- I **kapitel 5** behandles nye forretningskoncepter, som udspringer af nye muligheder for at organisere og købe transport på som følge af adgangen til internettet via smartphones: *Delebiler, samkørsel, Mobility-as-a-Service (MaaS) og E-handel*.
- I **kapitel 6** behandles automatisering af biler, minibusser, BRT-løsninger, togdrift, fly og færger.
- **Kapitel 7** indeholder det samlede billede i form af en vurdering af forventede samlede effekter i fire geografiske områder. Kapitlet indeholder desuden et afsnit om betydningen for transport af gods og distribution.



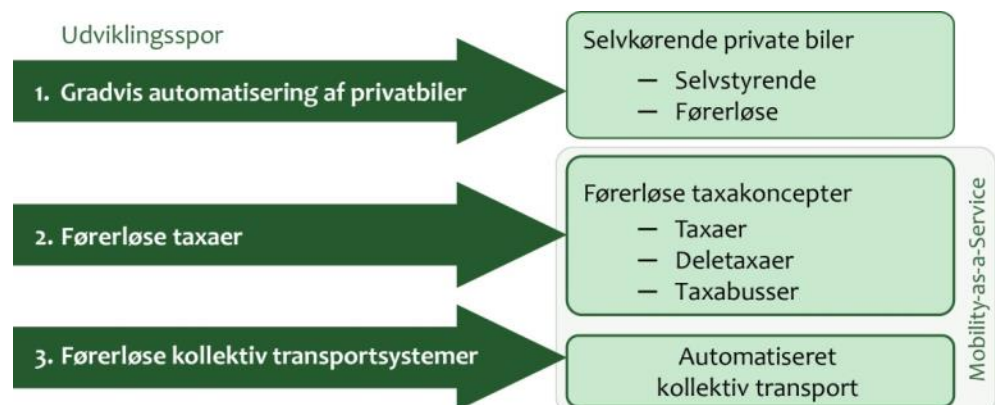
1 Sammenfatning af hovedindsigter

I FREMTIDEN KAN VI FORVENTE STIGENDE TRAFIK OG MARKANT STØRRE TRÆNGSELSPROBLEMER, SOM IKKE LØSES AF AUTOMATISERINGEN. Øget velstand og befolkningsvækst vil øge transportefterspørgslen. Sammen med urbaniseringen vil det føre til markant mere trængsel, særligt i og omkring de største byer. Formentlig vil hverken delebiler eller automatisering af bilerne gøre problemerne mindre.

- En fremskrivning til 2030 indikerer en samlet vækst i den indenlandske personbiltrafik på ca. 16% i f.t. 2015, mens væksten for vejgodstrafikken forventes at blive lidt mindre med ca. 12%.
- De forøgede trafikmængder skaber øget kapacitetspres på det eksisterende og planlagte vejnet. Trængslen stiger i samme periode med to tredjedele, altså langt mere end trafikvæksten.
- Der vil være store geografiske variationer i stigningen i trafik og trængsel. Væksten bliver størst i og omkring de største byer, hvor trængselsproblemerne i forvejen er størst, samt på de i forvejen mest trafikerede dele af det overordnede vejnet mellem de større byer. De mest trafikerede dele af banenettet vil også opleve kapacitetspres.
- Stigningerne kan først og fremmest tilskrives en voksende befolkning og økonomisk vækst. De geografiske forskelle hænger i høj grad sammen med fortsat urbanisering. Befolkningen forventes at vokse mest i de største byer og vil falde i udkantsområderne til trods for den generelle befolkningsvækst i landet som helhed. Ændringer i befolkningens alderssammensætning vil derimod kun i mindre grad påvirke billedet.

Fremtidsperspektiver for transportsystemet i lyset af automatisering og nye forretningskoncepter

Der kan skelnes mellem tre forskellige udviklingsspor inden for automatiseringen af persontransporten svarende til forskellige overordnede forretningskoncepter. Det første spor fortsætter bilproducenternes nuværende forretningskoncept med salg eller leasing af *private biler*. Det andet spor knytter sig til nye *delekoncepter*, hvor investering og drift af biler i høj grad deles mellem brugerne. Det tredje spor tager afsæt i en automatisering af busser og tog rettet mod, hvad der kan betegnes, den *traditionelle kollektive trafikbetjening*.



Automatiseringens betydning for brugeren

DET ER FØRST OG FREMMEST DE FUNKTIONELLE KONSEKVENSER AF AUTOMATISERINGEN, DER ER INTERESSANTE FOR TRAFIKANTEN OG DERMED PÅVIRKER TRANSPORTADFÆRDEN. I det perspektiv er det relevant at skelne mellem to principielle niveauer af selvkørende egenskaber:

- **Selvstyrende:** Kørslen kræver ikke førerens opmærksomhed. Føreren kan derfor bedre udnytte rejsetiden.
- **Førerløs:** Bilen kan køre uden en fører. Dermed kan den transportere personer uden kørekort samt blive tilkaldt og sendt væk.

De selvkørende egenskaber kan være begrænset til dele af vejnettet og af vejrlig, hastighed, trafikforhold, m.v.

- Det er usikkert, hvor avancerede selvstyrende egenskaber der skal til, for at bilføreren for alvor kan udnytte rejsetiden til andre aktiviteter. Det er ligeledes uafklaret, hvor meget dette vil mindske ulempen ved rejsetiden for føreren, og hvor meget det vil påvirke den trafikale adfærd.
- Derimod er der ikke tvivl om, at det vil revolutionere transportsektoren, når biler på lang sigt kan køre førerløst på alle veje under alle vejrforhold. Hvis bilen kan hente brugeren og fjernparkere selv, vil det skabe muligheder for helt nye og uforudsigelige måder at bruge biler på. Konsekvenserne for transportefterspørgslen og behovet for tilpasning af transportsystemet kan derfor potentielt være meget store.
- De kollektive trafikanter har allerede i dag en række af fordelene ved førerløse busser, fordi de ikke selv skal sidde ved rattet. Men førerløse busser vil reducere driftsomkostningerne markant, hvilket vil give et større økonomisk råderum, som man kan vælge at omsætte til bedre service.
- For lastbiler kan førerløs kørsel give store besparelser i transporterhvervet, fordi chaufførlønnen er afgørende for de samlede transportomkostninger. Førerløse lastbiler vil også betyde kortere leveringstider over lange afstande, når man ikke er underlagt køre- og hviletidsbestemmelserne.
- Billigere godstransport og kortere leveringstider over lange afstande vil øge lastbiltrafikken. Det vil formentlig først og fremmest gøre sig gældende i europæisk perspektiv gennem ændrede forsyningskæder og lokalisering af terminaler og industriproduktion samt øget specialisering.

Usikkerhed om den teknologiske udviklingshastighed

Der er stor usikkerhed og uenighed om, hvor hurtigt automatiseringen vil komme. Nogle store og toneangivende virksomheder har meldt ud, at de forventer at tilbyde kommerciel førerløs taxakørsel i nogle amerikanske byer allerede i 2019. Andre mere skeptiske eksperter vurderer, at fuldt selvkørende private biler ikke vil blive markedsført til den 'almindelige' bilkører på denne side af 2030. Forskellen i tidsperspektivet beror til dels på forskelle i de kommercielle potentialer i de tre ovennævnte spor.

STOR UDBREDELSE AF FØRERLØSE PRIVATE BILER LIGGER FORMENTLIG LANGT UDE I FREMTIDEN, MEN DER ER STOR USIKKERHED OG MANGEL PÅ KONSENSUS OM TIDSPERSPEKTIVET. *Selvstyrende egenskaber er på vej på markedet. Men de vil formentlig tidligst være udbredt svarende til cirka halvdelen af kørslen omkring 2030-2035. Førerløs kørsel i private biler kræver et automatiseringsniveau, der næppe introduceres før 2030. Førerløse biler vil derfor formentlig først stå for halvdelen af kørslen omkring 2040-2045 og måske først langt senere.*

- Forskellige niveauer af selvkørende egenskaber vil blive introduceret på markedet for private biler gradvist. Fra teknologiens markedsintroduktion til stor udbredelse på vejene vil der gå mange år. Det beror på to faktorer:
 - Nye teknologier vinder erfaringsmæssigt langsomt indpas i nybilsalget, med mindre de fremmes politisk. Indtrængningshastigheden vil afhænge af bilkøbernes vurdering af fordelene ved selvkørende egenskaber og af teknologiens omkostninger.
 - Gennemslaget i bilparken sker langsomt på grund af bilernes lange levetid.
- En høj værdibaseret registreringsafgift indebærer, at udbredelsen af automatiserede private biler kommer til at ske i et langsommere tempo end i lande med lave eller ingen værdibaserede bilafgifter.

FØRERLØSE TAXAKONCEPTER VIL SANDSYNLIGVIS KUNNE INTRODUCERES TIDLIGERE END FØRERLØSE PRIVATE BILER. *Automatisering af taxaer udvikles som førerløse fra starten. Det beror på, at den driftøkonomiske fordel først opnås, når chaufførlønnen kan spares.*

- Samtidig er de teknologiske udfordringer mindre med kommercielle køretøjsflåder i geografisk afgrænsede områder. Sammenholdt med de driftøkonomiske incitamenter vil dette sandsynligvis betyde hurtigere udbredelse end for private biler i store byer.
- Udbredelse af delekoncepter vil særligt i de største byer kunne reducere indtrængningsperioden for automatiseringen, fordi delebiler bruges mere intensivt og derfor har kortere levetid.

FØRERLØSE BUSSE VIL SANDSYNLIGVIS LIGELEDES KUNNE INDFØRES FØR FØRERLØSE PRIVATE BILER *af de samme grunde som for førerløse taxaer. Derudover giver kørsel i fast rute mulighed for at tilpasse infrastrukturen og interaktionen med den øvrige trafik.*

- Førerløse minibusser er allerede på markedet og kan benyttes til nicheopgaver. Men busserne kan endnu kun køre langsomt og er dyre i drift, så der er teknologisk et stykke vej til drift på almindelige busruter. Når teknologien er klar, er bussernes størrelse formentlig et underordnet problem. De store busproducenter udvikler og tester også automatisering af store busser.

FOR FØRERLØSE LASTBILER VIL INDFAQSNINGEN KUNNE SKE LANGT HURTIGERE END FOR PERSONBILER.

En meget stor del af godstransportarbejdet med lastbil foregår over lange afstande og fortrinsvis på motorvejsnettet. På disse ture er førerløs lastbilkørsel mindst kompliceret og omkostningsbesparelsen ved automatiseringen er et stærkt incitament.

- Konkurrencen i vejgodstransporterhvervet er en stærk drivkraft i retning af automatisering af lastbilerne, da de potentielle fordele ved den sparede chaufførløn skaber klare incitamenter til at komme først. Derfor forventes en hurtig udskiftning af lastbilflåden, når først førerløs teknologi er teknologisk og økonomisk markedsklar.

Opdatering af beslutningsstøtteværktøjer

På nuværende tidspunkt er det vanskeligt at vurdere fremtidsperspektiverne for automatisering og nye forretningsmodeller. Det gælder både for, hvor hurtigt de vinder indpas, og konsekvensernes omfang. Det skaber forøget usikkerhed om de langsigtede gevinster af investeringer på transportområdet, hvilket bør afspejles systematisk og ensartet i beslutningsgrundlagene for fremtidige projekter.

- De teknologiske nybrud og deleøkonomiske forretningskoncepter giver anledning til løbende at opdatere beslutningsstøtteværktøjerne på transportområdet:
 - I første omgang bør de *samfundsøkonomiske analysemetoder* udbygges til at kunne vurdere konsekvenserne af alternative scenarier for automatiseringen for de enkelte projekter.
 - Landstrafikmodellen og andre trafikmodeller bør tilsvarende kunne belyse de forventede adfærdskonsekvenser af nye og ændrede transportformer, herunder af nye taxakoncepter og bilførerens mulighed for at udnytte rejsetiden med selvkørende biler i fremtiden.

Geografiske forskelle betinget af bystørrelse, befolkningstæthed og afstande

Automatisering og nye forretningskoncepter spiller i høj grad sammen, men muligheder og konsekvenser for mobiliteten og transportsystemet er afgørende forskellige på tværs af geografiske områder. Bystørrelse, befolkningstæthed og turlængde er centrale faktorer, som giver anledning til forskelle i de trafikale udfordringer, rollefordelingen mellem transportformerne samt trafikens påvirkning af bymiljøet. I det følgende er indsigterne struktureret i fire hovedområder:

- Centrum af de fire største byer
- Ringbyerne omkring de fire største byer
- Øvrige byer og landområder
- Mellem byerne

I praksis vil der være et vist overlap, hvor indsigter, der karakteriserer ét område, også har en vis betydning i nogle af de andre, typisk fordi afgrænsningen efter bystørrelse og centrum af de største byer jo ikke er skarp.

Mellem byerne

Næsten alle Danmarks ca. 45 byer med mere end 15.000 indbyggere er forbundet med motorvejsnettet, som derfor benyttes til en stor del af de lange rejser med bil. Uden for byerne er høje belastningsgrader og trængsel i dag fortrinsvist knyttet til motorvejsstrækningerne mellem de større byer i 'det store H' og på indfaldsvejene til København. Ifølge trafikfremskrivningerne vil det også være tilfældet i 2030. Toget har sin primære

styrke i forhold til bilen på disse strækninger, særligt mellem det østjyske bybånd, Odense og København.

Nationale infrastrukturinvesteringer er krumtappen i den statslige transportpolitik og har afgørende betydningen for kvaliteten af det samlede transportsystem på lang sigt. Anlæggenes lange levetid gør, at de kommende års beslutninger rækker mange årtier frem i tiden. Derfor vil selv samfundstendenser og teknologiskift med et meget langt tidsperspektiv påvirke investeringernes samfundsmæssige afkast.

Efterspørgsel og kapacitet på det overordnede vejnet

AUTOMATISERING AF PRIVATE BILER VIL GØRE BILKØRSEL MERE ATTRAKTIV OG KAN REDUCERE DEN KOLLEKTIVE TRANSPORTS MARKEDSANDDEL.

Flere vil benytte bilen frem for kollektiv transport, når de har bedre mulighed for at udnytte tiden undervejs. Det har formentlig størst værdi på lange ture og på det overordnede vejnet, hvor komforten er størst. Her forventes selvstyrende egenskaber også at være til rådighed først.

- Når tiden kan udnyttes til andre aktiviteter, øges betydningen af, at kørslen opleves som komfortabel. Det stiller skærpede krav til udformning af vejinfrastrukturen og øger motorvejens attraktivitet.
- Selvkørende egenskaber vil forstærke tendensen til større trafikvækst på motorvejene. De vil tiltrække en større del af trafikken med private biler, selv om turene bliver længere, og flere vil vælge bilen frem for tog eller bus.
- Selvstyrende biler udstyret med førerstøttesystemer, der hjælper med at holde bilen inden for vognbanen (LKA, Lane Keeping Assist) kan øge kapaciteten af motorveje, fordi de ikke behøver så brede spor. Når markedsandelen af biler med LKA på sigt er tilstrækkelig stor, kan visse motorveje ombygges til flere spor med 1 eller 2 LKA-spor i hver retning. I fremtidige motorvejsprojekter bør man afveje de potentielle fordele ved at forberede denne mulighed mod meromkostningerne.
- Platooning af lastbiler, dvs. elektronisk sammenkobling, må ses som en overgangsteknologi til førerløse lastbiler, og det er derfor tvivlsomt, om teknologien vil nå at få stor betydning.
- Førerløse lastbiler har langt større driftsøkonomisk potentiale og vil derfor have en kort indtrængningsperiode, når først de er markedsklare. Førerløs lastbilkørsel ventes i starten primært at være begrænset til motorvejsnettet. Der kan derfor blive behov for faciliteter i tilknytning til motorveje, hvor chauffører kan overtage den første og sidste del af kørslen til og fra motorvejene.

Fjerntogets rolle i fremtiden

FJERNTOGENES STYRKEPOSITION VIL I FREMTIDEN I ENDNU HØJERE GRAD VÆRE AT TILBYDE HØJ HASTIGHED FOR DE LANGE REJSER PÅ HOVEDBANENETTET MELLEM DE STØRSTE BYER.

Dette kan have betydning for valg af togmateriel og køreplansstrategier. På lang sigt kan fjerntogtrafik på regional- og lokalbaner blive mindre relevant i konkurrence med førerløse biler og automatiserede fjernbusser. Det kan også svække lønsomheden af yderligere elektrificering uden for hovedbanenettet.

- På lang sigt vil førerløse fjernbusser kunne reducere omkostningerne til længere busture markant i forhold til de i forvejen relativt lave priser på kommercielt drevne

ruter. Det vil kunne mindske togets relevans på strækninger med beskedent passagergrundlag, hvor omkostningerne per passagerkilometer er høje.

- På disse strækninger vil lønsomheden af elektrificering derfor svækkes af automatisering og nye forretningskoncepter. Investeringerne har en lang tilbagebetalingshorisont, som strækker sig ind i en fremtid med selvkørende biler.
- Batteridrift er nu teknisk muligt, og inden for få år forventes eksisterende diesel-elektriske togsæt at kunne ombygges til delvis batteridrift. Batteridrevne tog kan på 5-10 års sigt vise sig som et økonomisk mere fordelagtigt alternativ for regional- og sidebaner.

De største byer

De største byer er kendetegnet ved høj befolkningstæthed. Kollektiv transport og cykel er vigtige dele af transportsystemet, og trængslen er et væsentligt problem. Pladsen er knap, så arealer til parkering er en særlig udfordring, og skinebåren trafik med høj kapacitet bidrager til effektiv pladsudnyttelse. Samspeilet mellem by- og trafikplanlægning har stor betydning for bykvaliteten. Trafikkens konsekvenser afhænger på afgørende vis af balancen mellem transportformerne. Karakteristikken gælder i særlig grad for København og aftager med bystørrelsen.

På kortere sigt: Kampen om pladsen i bycentre

DELEBILSKONCEPTER ØGER MOBILITETEN FOR BYBOERE, SOM ELLERS IKKE VILLE HAVE BIL. Disse brugere vil øge biltrafikken, mens de brugere, der fravælger egen bil, vil køre mindre. Den samlede effekt på trafikken kan således gå begge veje. Øget udbredelse af delebiler vil derfor ikke nødvendigvis reducere trængslen i byerne.

- Forretningskoncepterne for delebiler er betinget af en høj tæthed af brugere, og at brugerne ikke har behov for bilen dagligt. Men selv i de største byer er delebilernes andel af bilparken, det samlede antal ture og trafikken i dag meget begrænset.
- Koncepter baseret på både privatejede biler og kommercielle flåder vinder frem, fortrinsvist i de største byer. Byerne vil også på sigt være det primære udbredelsesområde.
- Adgangen til bil er generelt vigtigt for mobiliteten, også for mange beboere i centrum, selv om de for det meste benytter cykel eller kollektiv transport til de lokale ture.

DELEBILER KAN GIVE MINDRE BEHOV FOR PARKERINGSPLADSER. I DE STØRSTE BYER KAN DET UDNYTTES TIL AT REDUCERE PARKERINGSSØGETIDEN ELLER FRIGØRE KNPPE AREALER TIL ANDRE FORMÅL. Digitale platforme og nye forretningskoncepter giver nemmere adgang til delebiler.

- De fleste byboere foretrækker fortsat at have privat bil frem for delebil, da det giver større fleksibilitet og lavere variable kilometeromkostninger i forhold til delebiler. Derfor ses der stadig mange private biler langtidsparkerede på offentlige veje. Omfanget af såkaldte weekendbiler hænger blandt andet sammen med priserne på beboerlicenser, som i dag er meget lavere end markedsprisen på parkeringspladser.
- Højere pris på beboerlicenser vil få nogle bilejere med begrænset kørselsbehov til at fravælge privat bil. Med delebil som alternativ mindskes ulemperne herved, hvilket øger effekten.

- Hvis den højere pris på beboerlicensen afspejler værdien af den frigjorte parkeringskapacitet, vil det samlet set give en samfundsøkonomisk fordel. De øgede omkostninger for dem, der fortsat har bil, modsvares af et tilsvarende offentligt provenu.

HØJKLASSET KOLLEKTIV TRANSPORT OG CYKEL VIL I FREMTIDEN VÆRE ENDNU VIGTIGERE FOR MOBILITETEN I BYERNE, fordi trafik, trængsel og presset på byernes arealer generelt forventes at stige væsentligt. Specielt i Hovedstaden kan skinnebåren trafik i kraft af høj kapacitet og stor fremkommelighed aflaste vejnettet. Men automatisering vil styrke BRT (Bus Rapid Transit) som alternativ til flere letbaner i de største byer og deres ringbyer.

- Selvkørende BRT kombineret med batteridrift vil kunne give en mere jævn kørsel og dermed højere komfort som nærmer sig letbaner. De sparede lønomkostninger ved fuld førerløs kørsel vil relativt set være en større fordel for BRT end for letbaner.
- Automatisering af S-togene i forbindelse med den forestående udskiftning af togmateriellet kan give en klar forøgelse af driftsstabiliteten samt give mulighed for højere frekvens og bedre materieludnyttelse.

På længere sigt: Førerløse biler - privatejede eller taxakoncepter?

FØRERLØSE TAXAER OG DELEKONCEPTER KAN BLIVE ET REELT ALTERNATIV TIL PRIVAT BIL I DE STØRSTE BYER. Smartphone baserede efterspørgselsbestemte (on-demand) forretningsmodeller vil muligvis kunne realiseres før førerløse privatbiler, da toneangivende virksomheder hævder at ville tilbyde dem i nogle amerikanske byer i løbet af få år. Sådanne koncepter vil forbedre mobiliteten for brugerne, men vil ikke i sig selv begrænse trafikken og trængslen i byerne; nok snarere tværtimod.

- Førerløse private biler og taxaer vil på lang sigt øge efterspørgslen og skabe mere trafik og potentielt markant større trængsel i byerne. I forhold til biler med fører kan de 'tålmodigt' positionere sig før og efter afhentning af passagerer, selv når hastigheden er meget lav pga. trafikpropper. Til gengæld vil muligheden for at reposicionere bilerne kunne mindske behovet for parkeringspladser, hvor pladsen er knap.
- Automatisering af taxaer har klare kommercielle incitamenter, da den sparede chaufførløn vil sænke omkostningerne drastisk sammenlignet med dagens situation. Med stor udnyttelsesgrad kan prisen blive så lav, at de i vid udstrækning kan erstatte korte bilture i byerne.
- For byboere med lavt kørselsbehov kan det vise sig fordelagtigt at erstatte den private bil med forskellige taxakoncepter, fordi lejlighedsvis lange ture ud af byen foretages med delebilstjenester, som kan være en integreret del af konceptet. Fordelen i forhold til dagens debiler vil være, at de kommer til brugeren, som derefter eventuelt selv kan køre bilen. Derfor kan dette også komme før førerløse private biler.
- Forretningsmodellerne og de digitale platforme i nye førerløse taxakoncepter kan også udnyttes til såkaldte automatiserede delte mobilitetsløsninger, som spænder fra deletaxaer til individualiserede kollektiv-løsninger. Stor markedsandel for denne type løsninger har potentiale til en markant reduktion af antal parkerede biler, trafik og trængsel i større byer. Dette kan fremmes af generelle økonomiske virkemidler rettet mod begrænsning af trængslen, eksempelvis tid- og stedafhængige kørselsafgifter.

MOBILITY-AS-A-SERVICE (MaaS) ER ENDNU PÅ UDVIKLINGSSTADIET, MEN FULDT UDFOLDT ER DET ET ABONNEMENT PÅ TVÆRS AF ALLE TRANSPORT-FORMER. Udfordringen for udvikling af MaaS løsninger er først og fremmest at skabe et organisatorisk og økonomisk set-up, der er attraktivt for alle interessenter, dvs. brugerne, de kollektive trafiksselskaber, private udbydere samt ikke mindst for MaaS-operatøren.

- Grænserne mellem delebiler, samkørsel, førerløse taxakoncepter og den traditionelle kollektive transport bliver flydende. Synergi mellem dem vil kunne styrkes gennem integration i MaaS-løsninger, der kan tilpasses den enkeltes behov. Fordelene vil først og fremmest tilfalde kollektiv-brugere gennem nemmere adgang til at supplere med delebiler, samkørsel, taxa og bycykler. For den lille andel af bilejere i byerne, der overvejer at droppe bilejerskabet, kan denne bekvemmelighed være udslagsgivende.
- Hvis man vil fremme MaaS-løsninger, kan der være behov for at understøtte de organisatoriske spilleregler. Det drejer sig især om etablering af åben og pålidelig adgang til opdaterede køreplaner og realtidsdata om forsinkelser, samt om åben mulighed for og prisstruktur ved videresalg af billetter.

Ringbyerne omkring de største byer

Ringbyerne omkring de største byer dækker de omkringliggende byområder, hvor pladsen er mindre knap, men som aktivitetsmæssigt er tæt bundet op på byen. Det gælder ikke mindst pendling. I morgen- og eftermiddagstimerne volder trængslen store problemer på indfalds- og ringveje samt i nogle lokale bycentre. Trængslen forventes at vokse betydeligt i fremtiden, idet andelen af bilture er særlig høj i ringbyerne. Ligesom i bycentrene bliver det derfor i endnu højere grad vigtigt, at højklasset kollektiv transport i de trafiktunge korridorer kan aflaste vejene. Men afstanden mellem stationerne er større, og rejsemønstrene er mere spredte, hvorfor effektiv tilbringertrafik og stationsnær byudvikling er afgørende udfordringer.

- Selvstyrende biler vil mindske ulempen ved køkørsel på indfalds- og ringveje i forbindelse med pendlingstrafikken. Det vil øge trafik og trængsel i spidsbelastningsperioderne yderligere.

Udfordringen med at bringe passagerne til og fra den kollektive transport

FØRERLØSE KONCEPTER KAN MINDSKE TIL- OG FRABRINGERUDFORDRINGEN I DEN KOLLEKTIVE TRANSPORT OG ØGE STATIONSOPLANDET. Førerløse taxakoncepter kan på sigt øge oplandet til stationer og andre højklassede knudepunkter ved at tilbyde mere effektiv og fleksibel til- og frabringertrafik (first mile/last mile) end traditionelle busser i fast rute. Det samme gør sig gældende for førerløse privatbiler, som ikke behøver at parkere ved stationen. Begge dele vil indebære behov for ændret udformning af stationsforpladser med større vægt på zoner med høj kapacitet til afsætning og påstigning (pick-up/drop-off) og mindre behov for parkér og rejs anlæg.

- Automatiseret busdrift har som for taxaer på sigt potentiale til store driftsøkonomiske gevinster gennem sparet chaufførløn. Det giver økonomisk mulighed for højere frekvens og/eller flere direkte ruter over en større del af døgnet til lave marginale omkostninger.

- Selvkørende busser i fast rute er teknologisk enklere end fuldt selvkørende biler og kan derfor komme før. Men reelt markedsgennembrud er betinget af, at de samlede omkostninger bliver lavere end for busser med chauffør.
- Forstadier til automatiserede busser i rutedrift ser vi allerede i dag i form af selvkørende minibusser, der i udlandet kører i demonstrationsprojekter. Der er tale om et tidligt udviklingsstadium, hvorfor driftsøkonomien i normal operationel drift endnu er uafklaret. Men den afgørende begrænsning er, at de endnu kun kan køre med meget lav hastighed og derfor indtil videre kun vil være brugbar til nichemarkeder for helt lokal transport i f.eks. lufthavne, hospitaler og campusmiljøer.

ATTRAKTIVE BYMILJØER KAN FREMMES OMKRING VIGTIGE STATIONER VED AT INTEGRERE NÆRLIGGENDE AREALER med henblik på at udvikle bymæssige knudepunkter, der kan understøtte dagligdagens funktioner ud over transportbehovet.

- Førerløse biler kan understøtte den kollektive transport gennem bedre løsninger for til- og frabringstrafikken og ved at øge stationsoplandet.
- For stationer, der fungerer som vigtige kollektive knudepunkter med højt passagergrundlag, kan integration af andre dagligdags byfunktioner, f.eks. indkøb, i stationsmiljøet gøre valget af kollektiv transport mere attraktivt ved at reducere det samlede daglige transportbehov. Koncentration af byudvikling omkring knudepunkterne kan ligeledes understøtte den kollektive transport og bidrage til at skabe levende og attraktive bymiljøer.
- Ejerskabsforhold og opdeltte roller har hidtil været en barriere for helhedstænkning, men et samlet ansvar for stationerne – som der nu lægges op til for S-banen – og nye offentlig-private partnerskabsformer vil kunne understøtte en sådan udvikling.

Øvrige byer og landområder

Størstedelen af den danske befolkning bor uden for de største byer og ringbyerne, og størstedelen af den daglige transport foregår her i de øvrige byer og landområder. Private biler vil formentlig også fremover være den dominerende måde at have adgang til bil på, og bilen vil fortsat stå for langt den overvejende del af transportarbejdet. Alligevel forventes der kun at komme få steder med kritiske kapacitetsproblemer uden for motorvejsnettet mellem de største byer.

SAMKØRSEL PÅ KORTERE TURE BEGRÆNSES AF REGLERNE FOR ERHVERVSMÆSSIG PERSONBEFORDRING OG SKATTELOVGIVNINGEN. Samkørselstjenester er stort set begrænset til lange ture. På korte og mellemlange ture er den tilladte betaling ikke tilstrækkelig til at opveje besværet ved koordinering, ekstra tidsforbrug m.v. Udbredelse til disse ture kan forøge mobiliteten for personer uden adgang til bil, især uden for de større byer og på tidspunkter, hvor det kollektive transporttilbud er svagt.

- Samkørselstjenester har gennem flere år været i stor vækst, men de udgør i dag en meget lille del af det samlede transportarbejde. Turene foregår hovedsageligt mellem store byer på tværs af landsdelene.
- Mobilitetsgevinster ville kunne fremmes allerede i dagens situation ved øget samkørsel på korte og mellemlange ture. De økonomiske incitament for bilføreren kan øges gennem regelændringer, som muliggør højere betaling for samkørsel på

kortere ture. For privat samkørsel må betalingen i praksis være skattefri, men op til en daglig beløbsgrænse for at undgå at ansøre til ubeskattet taxabeskæftigelse.

BILER, DER KAN KØRE FØRERLØST DØR-TIL-DØR, VIL PÅ LANG SIGT KUNNE REVOLUTIONERE TRANSPORTSEKTOREN. Mobilitetsmulighederne vil generelt blive forøget, men i særlig grad for nye brugergrupper uden kørekort, som får mulighed for at benytte bil på egen hånd, for eksempel børn og unge. Det vil mindske behovet for lokal kollektiv transport, og begrundelsen for kollektiv transport som en offentlig serviceforpligtelse vil blive svækket. Fordelene vil formentlig være størst i de mindre byer og landområder.

- Førerløse biler vil særligt kunne gøre en forskel i små byer og på landet, hvor udbuddet af kollektiv transport er begrænset. Mobilitetsforbedringen for børn og unge vil mindske det logistiske besvær for familier ved at bosætte sig i disse områder.
- Nye førerløse forretningskoncepter i stil med flexiture kan i mange tilfælde være både omkostningseffektive og serviceforbedrende erstatninger for rutebaseret busdrift på lang sigt. Dette gælder ikke mindst i områder, hvor det kollektive passagergrundlag vil blive mindre med førerløse biler og i takt med fortsat urbanisering.
- Automatiseret busdrift i mellemstore byer vil have nogenlunde de samme perspektiver som lokalt i ringbyerne, dvs. driftsøkonomiske besparelser og/eller bedre fladedækning samt højere frekvens over en større del af døgnet.

Mere effektiv udnyttelse af transportsystemet

DER FOREKOMMER AT VÆRE STORE UREALISEREDE MULIGHEDER FOR BEDRE UDNYTTELSE AF TRANSPORTSYSTEMETS KAPACITET Gennem OPTIMERET TRAFIKSTYRING OG MERE EFFEKTIV ORGANISERING OG BRUG AF REALTIDS-DATA OM TRAFIKKEN. Kommissionsarbejder har i flere omgange peget på dette potentiale. Det er uklart, om den manglende realisering af potentialet beror på organisatoriske barrierer eller manglende opmærksomhed på eller synlighed af gevinsterne.

- Bedre indstilling og styring af eksisterende signalregulerede kryds vil med begrænsede investeringer kunne lede til store fremkommelighedsgevinster for biler og busser på nogle strækninger.
- Bussernes fremkommelighed og regularitet kan prioriteres ved kommunikation mellem bus og trafiksignal, hvilket dog skal ses i forhold til den samlede fremkommelighed for alle trafikanter.
- Koordineret trafikledelse og signalsoptimering på tværs af de administrative grænser samt deling af data kan forbedre trafikinformation og håndtering af driftsforstyrrelser.
- Åben adgang til realtidsdata om kollektiv trafik kan allerede på kort sigt bidrage til bedre trafikinformation på tværs af transportformer. Det kan understøttes af krav til IT-integration og åbne data i forbindelse med operatørkontrakter.
- Der hersker usikkerhed om nytten af at etablere et offentligt digitalt vejkort. Der er ikke tvivl om vigtigheden og værdien af præcise, detaljerede og opdaterede digitale kort i forhold til automatisering mv. Men eksperter på området har forskellige vurderinger af offentlige myndigheders rolle, i lyset af at store internationale virksomheder under alle omstændigheder har store kommercielle interesser i at satse på området.

- Ekspertener inden for fagområdet har ligeledes meget forskellige vurderinger af vigtigheden af 'Vehicle to vehicle' kommunikation (V2V) og 'Vehicle to Infrastructure' kommunikation (V2I). Behovet for investeringer i V2I infrastruktur langs det overordnede vejnet er på nuværende tidspunkt usikkert. V2I og V2V vurderes heller ikke at være en forudsætning for automatisering, om end der på lang sigt formentlig vil være synergi. Danmark kan derfor med fordel være afventende i forhold til en udrulning af V2I infrastruktur og følge udviklingen i EU og andre internationale fora. Det er endvidere relevant at bidrage til internationale vejstandarder og vejudstyr, der understøtter V2I teknologi og selvkørende biler.

DE TRAFIKALE GEVINSTER VED KØRSELSAFGIFTER BLIVER STØRRE I EN FREMTID MED FORØGET TRÆNGSEL, OG TEKNOLOGIUDVIKLINGEN VIL GØRE IMPLEMENTERINGEN ENKLERE. Trængslen forventes i særlig grad at stige i de største byer og på det overordnede vejnet omkring dem. Automatiseringen og førerløse taxakoncepter i bred forstand vil samtidig bidrage til at modne teknologien til tid- og stedafhængige kørselsafgifter (road pricing) og mindske transaktionsomkostningerne ved at drive betalingssystemet.

- En omlægning af bilafgifterne til tid- og stedafhængige kilometerbaserede vejafgifter er bredt anerkendt som principielt hensigtsmæssigt ud fra en samlet reguleringsbetragtning. Indførelse i praksis bør være betinget af, at det også er samfundsøkonomisk lønsomt, når der tages højde for systemets investerings- og driftsomkostninger og teknologirisici.
- Overgang til kørselsafgifter med takster, der afspejler transportformens samlede belastning, vil ændre turtidspunkter og ruter for bilisterne, hvorved vejnettets kapacitet udnyttes bedre. Det vil også skærpe incitamenterne til at benytte kollektiv transport samt cykel og gang, samkørsel i private biler og på sigt også førerløse taxa koncepter.
- På lang sigt kan stor udbredelse af førerløse køretøjer nødvendiggøre omfattende regulering, f.eks. i form af høj betaling, for at undgå trafiksammenbrud i myldretiderne i de største byer.

Distribution og e-handel

E-HANDLENS KONSEKVENSER FOR DEN SAMLEDE TRANSPORT OG TRAFIK VIL FORMENTLIGT OGSÅ FREMOVER VÆRE SMÅ, SELV OM E-HANDLEN FORVENTES AT STIGE. Det stigende antal e-handler giver mulighed for optimering og konsolidering af distributionen og dermed modgå effekterne af mindre leverancer på den samlede trafik. Godstrafikken på vejene må dog forventes at vokse noget som følge af fortsat stigende e-handel.

- E-handel har fået stor udbredelse og vokser fortsat kraftigt med inddragelse af flere varegrupper som f.eks. dagligvarer. E-handelens betydning for den samlede godstrafik på vejene skønnes indtil nu at være lille.
- Hidtidige erfaringer peger mod, at e-handel med udvalgsvarer i meget begrænset omfang har erstattet persontransport. Med stigende udbredelse til dagligvarer kan effekten muligvis blive større.

- Automatiseret distributionstransport ligger formentlig længere ude i fremtiden end for den tunge godstransport over lange distancer. Der er dog en række områder, hvor automatisering snart kan vinde frem:
 - Små selvkørende robotter (ground drones) med lav hastighed vil i løbet af nogle år potentielt kunne anvendes til udbringning af pakker, post og varer. Indpasningen i den øvrige trafik er uafklaret, og der kan være trafikale ulemper, som i givet fald kalder på regulering.
 - Droner til luftbåren pakketransport er teknisk mulige i dag. Udfordringer i forhold til sikkerhed, overvågning, støj, mv. vil kræve regulering af luftrummet og vil formentlig gøre drone-leverancer i stort omfang urealistisk i tætbefolkede områder. Ekspreslevering af lette varer, f.eks. medicin eller reservedele, vil være de mest oplagte områder ikke mindst i tyndtbefolkede egne.

Klimaudfordringens konsekvenser i transportsektoren

OMSTILLING AF PERSONBILTRANSPORTEN TIL ELDRIFT ER ET AFGØRENDE ELEMENT I REALISERING AF DANMARKS LANGSIGTEDE KLIMAMÅLSÆTNING.

Klimalovens 2050-mål for Danmarks klimagasudslip vil sandsynligvis forudsætte et indtrængningsforløb, hvor nye personbiler er CO₂-frie allerede fra ca. 2035. El-biler forventes at blive økonomisk konkurrencedygtige med tilfredsstillende rækkevidde inden for de næste ca. ti år. Omstillingen til vedvarende energi er realistisk og kan ikke forventes at udgøre en afgørende barriere for fortsat trafikvækst. Men graden af politisk fremme af omstillingen må løbende tilpasses teknologiudviklingen for at sikre en tilstrækkelig hurtig indtrængning til at nå målet.

- Klimalovens 2050-mål om et lavemissionssamfund uafhængigt af fossil energi kan ikke nås alene ved bedre brændstoføkonomi og overflytning til mere energieffektive transportformer som kollektiv transport og cykel og gang. Det kræver omfattende omstilling af transporten til vedvarende energi (VE).
- Nye teknologiers gradvise indtrængningsforløb i nybilmarkedet og bilernes lange levetid gør, at indfasningen af VE-drevne biler må begynde længe før 2050-målet, hvis fuld uafhængighed af fossile brændstoffer skal nås.
- Batteridrevne elbiler, der oplades med VE-baseret strøm, forventes at være den bærende teknologi i omstillingen. Det vil også give mindre støj og bedre luftkvalitet i byerne. Brint og andre syntetiske brændstoffer produceret på vedvarende energi er ikke modne teknologier i dag, men de kan muligvis på længere sigt vise sig som økonomisk bæredygtige alternativer.
- Den væsentligste barriere for udbredelse af elbiler er prisen på batterier. Prisen er faldet markant i de senere år og forventes at falde yderligere fremover, så elbilen kan være økonomisk konkurrencedygtig i løbet af de næste ca. ti år. Det kræver også, at ladeinfrastrukturen udbygges i takt med indfasningen af elbilerne.
- Med den nuværende afgiftsstruktur vil provenuet fra afgifter på bilejerskab og -kørsel reduceres med udbredelsen af elbiler, fordi elbiler har meget højere energieffektivitet end benzin- og dieslbiler.
- Omstilling af den øvrige indenlandske transport til vedvarende energi forventes også at være teknologisk muligt uden væsentligt forøgede samfundsøkonomiske omkostninger. International luftfart og søfart har imidlertid stor og voksende betydning for det globale udslip, og udvikling af bæredygtige alternativer til fossile brændstoffer er på disse områder fortsat en udfordring.



Trafiksikkerhed

UDBREDELSE AF FØRERSTØTTESYSTEMER OG ANDET SIKKERHEDSUDSTYR VIL FORMENTLIG FORTSÆTTE DEN HIDTIDIGE LANGSIGTEDE TREND I RETNING AF EN MERE SIKKER TRAFIK. *Førerløse biler, hvor den menneskelige faktor helt er elimineret, har på længere sigt potentiale til at forstærke denne trend.*

- Selvstyrende egenskaber vil sandsynligvis forbedre trafiksikkerheden på mellem-lang sigt. Der kan dog være en risiko ved systemer baseret på betinget automatisering, der kræver at føreren skal være klar til at gribe ind. Det kan være vanskeligt at sikre, at føreren ikke forlader sig på egenskaberne i større omfang, end de tillader.
- Forbundne køretøjer kan også bidrage til mere sikker kørsel gennem sikkerhedsrelevante informationer fra andre biler eller til bil eller fører.
- En række førerstøttesystemer, som allerede er på markedet, kan bidrage til færre trafikuheld. Deres udbredelse i de solgte nye biler bremses imidlertid af den værdibaserede registreringsafgift, som indebærer en beskatning af sikkerhedsudstyr. Dette kan undgås ved et kompenserende fradrag i registreringsafgiften for førerstøttesystemer, der fremmer den aktive trafiksikkerhed.



2 Forståelsesramme

2.1 Transportpolitikken

Transportpolitikken fokus er at sikre høj mobilitet, dvs. muligheden for at personer og gods kan komme hurtigt og langt omkring. Hastighed og omkostninger er derfor vigtige faktorer for mobilitet. Da der netop er tale om transportmuligheder, kan mobiliteten være høj uafhængigt af, hvor meget den enkelte vælger at benytte sig af disse muligheder.

Transportpolitikken sigter derfor ikke på at skabe mest muligt transport, men at stille et effektivt transportsystem til rådighed, hvor man økonomiserer med ressourcerne og inddrager hensyn til at begrænse ulykker i trafikken og trafikken miljøpåvirkning i form af blandt andet støj, luftforurening, klimabelastning og indgriben i omgivelserne. De transportpolitiske beslutninger træffes ideelt set på baggrund af afvejningen mellem disse forhold. I transportpolitiske beslutninger indgår i lighed med andre politikområder også hensyn til fordelingen af fordele og ulemper på forskellige befolkningsgrupper.

Mobilitet skaber tilgængelighed

I et bredere perspektiv er formålet med høj mobilitet at skabe tilgængelighed for borgere og virksomheder til de tid- og stedbundne aktiviteter, som de gerne vil udføre og deltage i. Der indhentes løbende viden om danskernes transportvaner, hvor aktiviteterne af analytiske årsager sammenfattes i forskellige turformål, for eksempel rejser til og fra arbejde, indkøb, fritidsaktivitet m.v. Hvis rejsehastigheden på vejnettet eller med kollektiv transport øges gennem forbedringer af transportsystemet, stiger det antal arbejdspladser, som man kan nå inden for en acceptabel pendlingstid. Denne øgede tilgængelighed til arbejdspladser skaber værdi for den enkelte og for samfundet, fordi det øger sandsynligheden for gode jobmatch med arbejdsstyrkens kompetencer.

God tilgængelighed beror dog ikke kun på høj mobilitet. Befolkningstæthed og lokalisering af boliger og arbejdspladser m.v. har også betydning. Bor man i en storby kan behovet for mobilitet være mindre, fordi mange af de daglige gøremål kunne klares med cykel og gang inden for kort afstand. Derfor har man i byerne høj tilgængelighed, også selv om trængsel kan begrænse rejsehastigheden med bil. Til gengæld har byboere som regel højere mobilitet med kollektiv transport, da de økonomiske muligheder for at yde en høj service er meget bedre, når befolkningstætheden er høj.

Politik og forvaltning

Kompleksiteten af et moderne samfunds funktioner gør, at politik og forvaltning i praksis må opdeles i en række ministerier med hver sit ressortområde. Opdelingen indebærer en risiko for, at udformning af politik sker i adskilte 'siloer'. Det kan betyde, at f.eks. afgiftspolitik, miljøpolitik og transportpolitik ikke er tilstrækkeligt koordineret, eller at politikken inden for ét ressortområde ikke tager tilstrækkeligt hensyn til målene inden for de andre.

Den samlede regering har til opgave at sikre, at der anlægges et helhedssyn både for så vidt angår politikformulering og i den konkrete forvaltning. En yderligere kompleksitet er, at transportpolitikken besluttet i skiftende forligskredse. Vægtningen mellem forskellige hensyn kan variere mellem aftalerne, som ikke nødvendigvis vil være indbyrdes konsistente eller tilrettelagt ud fra en langsigtet plan for det samlede transportsystems udvikling.

Transportsektoren er både teknisk og systemmæssigt kompleks og transportformerne spiller sammen på tværs i opfyldelsen af borgernes og virksomhedernes transportbehov. Den organisatoriske opdeling af planlægningen i forskellige styrelser selskaber og mellem statsligt, regionalt og kommunalt niveau kan derfor gøre helhedstænkning og koordinering på tværs af transportformer til en stor udfordring i praksis.

Inden for transportsektoren er der tradition for, at man på forskellige stadier i beslutningsprocessen tilvejebringer beslutningsgrundlag i form af blandt andet screeninger, VVM-redegørelser og samfundsøkonomiske vurderinger, der forsøger at inddrage alle relevante effekter på tværs af forvaltningsmæssige ressortområder. Det vil sige både trafikale gevinster, konsekvenser for de offentlige finanser, miljøeffekter m.v. Analyserne foregår efter standardiserede metoder og ved brug af fælles beregningsværktøjer med henblik på at understøtte, at resultaterne så vidt muligt er sammenlignelige på tværs.

Vigtige transportpolitiske forligskredse

Aftaler om En grøn transportpolitik (2009)

Aftale om Bedre og billigere kollektiv trafik (2012)

Aftale om Togfonden DK (2013)

Aftale om Den fremtidige færgebetjening af Bornholm (2014)

Aftale om Passagertog-trafik i Danmark 2015-2024 (2015)

Aftale om Genudbud af togtrafikken i Midt- og Vestjylland m.v. (2017)

Fire transportformer: Vejtransport, banetransport, søfart og luftfart

Når man ser bort fra transport i rørledninger, understøtter transportinfrastrukturen i Danmark fire overordnede transportformer: Vejtransport, banetransport, søfart og luftfart. Disse transportformer kan underopdeles på mere eller mindre detaljeret niveau og på person- og godstransport (f.eks. personbil, bus, cykel, gang, varebil og lastbil inden for vejtransporten).

Transportpolitiske beslutninger træffes under hensyntagen til en omfattende ramme-regulering af de fire transportformer. Som det fremgår af følgende oversigter, er der stor forskel på, hvordan og i hvilket omfang staten kan påvirke udviklingen. I tabel 2.1 er det anført, hvem der inden for vejtransport investerer i anlæg, bygninger og materiel, hvem der regulerer infrastrukturen og trafikken, og hvilken mulighed staten primært har for at påvirke udviklingen.

Tabel 2.1 Organiseringen af veje og vejtrafikken

	Hvem er primær investor?	Hvem regulerer?	Hvad er statens primære påvirkningsmulighed?
Vejinfrastruktur	Staten, kommuner	Staten, kommuner	Rollen som infrastrukturforvalter Planloven
Rastepladser og terminaler	Staten, kommuner, private	Staten, kommuner	Rollen som infrastrukturforvalter
Godskørsel	Private	Staten, EU	Lov om godskørsel
Buskørsel	Private	Staten, EU	Lov om buskørsel Lov om trafikselskaber
Taxikørsel	Private	Staten, kommuner	Lov om taxikørsel
Offentlig servicetrafik	Private	Staten	Lov om trafikselskaber
Personbiler og varebiler	Private	Staten	Afgifter på biler og brændstof, Færdselsloven

Som det fremgår af tabel 2.1 er der en klar opdeling, hvor det primært er et offentligt ansvarsområde at etablere og drive vejinfrastrukturen. Til gengæld er det private, som står for anskaffelse og drift af køretøjer.

Regulering af trafikken omfatter også indretningen af afgifterne på transportområdet og taksterne i den kollektive trafik. Afgiftsniveauet hører under Skatteministeriets ressort. Afgiftsniveauet for transport er imidlertid ikke alene adfærdsregulerende, men har også til formål at tilvejebringe et provenu. Skatteministeriet har i besvarelsen af SAU alm. del spm. 352 (2016-2017)¹⁾ opgjort det samlede transportrelaterede provenu til ca. 48,4 mia. kr. i 2016, hvilket svarer til 5 pct. af statens samlede indtægter fra skatter og afgifter.

Bilkørsel giver som nævnt ovenfor anledning til ulykker i trafikken og en række miljøeffekter, såsom udledning af CO₂, luftforurening og støj. Luftforurening og støj kan bl.a. lede til øget sygelighed og irritation. Trafik kan også være til gene for andre trafikanter, fordi det giver øget trængsel og påvirker bykvaliteten. Der er således en række negative eksterne effekter ved bilkørsel, som gør det relevant at regulere både den samlede trafik og det enkelte køretøjs miljøpåvirkning. Det sidste sker først og fremmest gennem EU-normer for køretøjernes støj og luftemissioner.

Reguleringen af veje og vejtrafikken sker gennem en række love. Det drejer sig eksempelvis om:

- lov om offentlige veje, som har til formål at medvirke til at sikre et velfungerende og sammenhængende vejnet, og
- færdselsloven, som regulerer de generelle adfærdsmæssige forhold for alle trafikanttyper på vejnettet samt de tekniske krav til køretøjer.

Den kollektive bustrafik er, jf. Lov om Trafikselskaber, organiseret i regionale trafikskaber, som ejes og finansieres af regioner og kommuner. Trafikselskaberne varetager planlægningen af den kollektive bustrafik, og med udgangspunkt i kommunernes og regionernes behov og ønsker udbyder de busruter, som drives af private operatører.

I tabel 2.2, 2.3 og 2.4 er de tilsvarende informationer oplistet for banetransport, søfart og luftfart.

Tabel 2.2 Organiseringen af baneinfrastruktur og banevirksomhed i Danmark

	Hvem er den primære investor?	Hvem regulerer	Hvad er statens primære påvirkningsmulighed
Baneinfrastruktur, herunder metro og letbaner	Staten, regioner, kommuner	Staten, EU	Jernbaneloven, rollen som infrastrukturforvalter
Terminaler	Staten, kommuner, private	Staten, EU	Jernbaneloven, rollen som infrastrukturforvalter
Kørsel med gods og personer	Private	Staten, EU	Jernbaneloven
Offentlig servicetrafik	Staten, kommuner, private	Staten	Offentlige indkøb, Lov om DSB

Tabel 2.3 Organiseringen af havne og rederivirksomhed i Danmark

	Hvem er den primære investor?	Hvem regulerer?	Hvad er statens primære påvirkningsmulighed?
Havne	Kommuner, private	Staten, EU	Rollen som infrastrukturforvalter af vej- og jernbaneforbindelser til og fra havne
Offentlig servicetrafik	Private, kommuner	Staten	Lov om færgefart
Rederier	Private	Internationale regler (IMO), Staten	Rollen som regulator af havne og infrastrukturforvalter af vej- og jernbaneforbindelser til og fra havne

Tabel 2.4 Organiseringen af lufthavne og luftfartsselskaber i Danmark

	Hvem er den primære investor?	Hvem regulerer?	Hvad er statens primære påvirkningsmulighed?
Lufthavne	Private, Staten, kommuner	Staten, EU, kommuner	Lov om luftfart, Lov om udbygning af Københavns Lufthavne, Rollen som infrastrukturforvalter af vej- og jernbaneforbindelser til og fra lufthavne
Luftfartsselskaber	Private	Staten, EU, internationale regler (ICAO)	Rollen som regulator af lufthavne og infrastrukturforvalter af vej- og jernbaneforbindelser til og fra lufthavne

For så vidt angår søfart og luftfart foretages en del af reguleringen direkte gennem de internationale organisationer IMO og ICAO. Når reguleringen foretages gennem internationale fora, reduceres Folketingets muligheder for at få indflydelse markant. Omvendt har det stor betydning for den praktiske gennemførelse af trafik mellem stater, at der er enighed om regelsættet. Dette kan således være afgørende for sikkerheden og muligheden for effektive internationale transportere. En stor del af reguleringen af den erhvervsmæssige transport, primært transport af gods, er ligeledes reguleret internationalt gennem EU for skabe lige konkurrencevilkår for eksport af varer og for de virksomheder, der udfører erhvervstransporten i konkurrence med virksomheder fra andre medlemsstater. Her er trafiksikkerhed, miljø og arbejdsforhold også en del af baggrunden.

Transportsystemet påvirker byudviklingen og byernes attraktivitet

Byernes indretning har også betydning for vores behov for mobilitet. I det lange tidsperspektiv kan den fysiske planlægning gennem helhedsorienteret regulering af arealudnyttelsen minimere transportefterspørgslen og dermed behovet for udbygning af transportinfrastrukturen. Et centralt aspekt er kommune- og lokalplaner, som gennem regulering af lokaliseringen af boliger og arbejdspladser kan understøtte et omkostningseffektivt udbud af kollektiv transport. Fingerplanen for Hovedstadsområdet opererer således med et stationsnærhedsprincip for lokalisering af større arbejdspladser og boligområder²⁾.

På den anden side har infrastrukturinvesteringerne gennem den mobilitet, de skaber, også stor indflydelse på, hvor det er attraktivt at bosætte sig og placere arbejdspladser. På landsplan kan gode transportmuligheder fremme de begunstigede byers vækst og udvikling på bekostning af andre byer. I de store byer kan f.eks. nye metro-linier eller bro-/tunnelforbindelser gøre områder mere attraktive, så eksisterende eller nye kvarte-

Mobilitet skaber inklusion

I Storbritannien er inklusionseffekterne af bedre mobilitet for socialt belastede områder et eksplicit kriterie i vurderingsmetoderne for infrastrukturprojekter (WEBTAG A2-2). F.eks. kan en ny station, som forbinder et belastet byområde med centrale dele af byen, hvor der er mange arbejdspladser, betyde, at flere personer i et udsat område kommer i job. I Transportport- Bygnings- og Boligministeriets samfundsøkonomiske analyser af transportinvesteringer skelnes derimod ikke mellem, om arbejdstagere kommer fra der ene eller det andet område i byen, hvorfor værdien for samfundet som udgangspunkt ikke kvantificeres.

rer blomstrer op. Men transportsystemet kan også indvirke negativt på bykvaliteten: Veje, parkeringspladser, cykelstier og jernbaner optager arealer, som især i byerne er knappe, og store transportkorridorer og tæt trafik kan skabe fysiske barrierer i lokalområdet og i det hele taget påvirke oplevelsen af byrummene negativt. Alt i alt har transportsystemet stor betydning for byernes attraktivitet og udvikling, som dermed også i høj grad kan fremmes gennem transportpolitiske beslutninger.

2.2 Mobilitet for fremtiden – centrale udfordringer

Gennem de sidste hundrede år har investeringer i forbedring af vejinfrastrukturen og bilernes teknologiske udvikling skabt en markant øget mobilitet for den store del af befolkningen, der gennem den øgede velstand har fået adgang til bil. Udbygningen af den kollektive transport har ligeledes spillet en central rolle både i forhold til at sikre mobilitet til alle, uanset om man har mulighed for at be-

nytte bil. I de større byer er den kollektive transport en afgørende del af den samlede transportkapacitet, som er en forudsætning for, at de store byernes mobilitet ikke sander til i trængsel. I Danmark og visse andre lande spiller cyklerne også en markant rolle for mobiliteten i byerne.

Transportsystemet står foran en række udfordringer i forhold til at sikre høj mobilitet i fremtiden. I det følgende fremhæves stigende trængsel, pres på den kollektive trafik og kamp om pladsen i de største byer som tre områder, der vil stå centralt i de kommende års transportpolitik. Det gælder samtidig for disse tre udfordringer, at de på forskellig vis vil blive påvirket af udviklingen inden for digitalisering, nye forretningsmodeller og automatisering, hvilket får betydning for de politiske virkemidler. Dermed kan de også have implikationer for de politiske beslutninger, herunder prioriteringen af infrastrukturinvesteringer og sektorens regulering.

Mobiliteten begrænses af stigende trængsel

Over de seneste 10-20 år har stigende trafikmængder og urbaniseringen lagt større og større pres på kapaciteten. Selv om vejinvesteringer nogle steder også fremover vil sigte på at opgradere det overordnede vejnet til højere hastighed, vil den væsentligste udfordring for den transportpolitiske dagsorden fremadrettet i stigende grad være at afhjælpe den stigende trængsel. På det overordnede vejnet og i de største byer udgør forøgede og mere uforudsigelige rejsetider peak-perioderne den primære begrænsning af mobiliteten. Meget tyder på at de overordnede samfundstendenser, der har resulteret i denne udvikling, også fremover vil fortsætte og dermed skabe fortsat stigende efterspørgsel efter transport.

Den kollektive transport under pres

Samtidig er den kollektive transport under pres. Dels er kapaciteten af jernbanenettet på centrale strækninger opbrugt, og der er problemer med forsinkelser. For busserne er økonomien i busdriften i tyndtbefolkede egne udfordret af stigende omkostninger og færre brugere. Det gør det vanskeligt for kommuner og regioner at opretholde et rutenet og en frekvens, der kan sikre et rimeligt mobilitetstilbud til alle i disse områder. I Hovedstadsområdet er bussernes fremkommelighed hæmmet af trængslen de steder, hvor der ikke er etableret busbaner.

Øget kamp om pladsen i byerne

Over de seneste par årtier er befolkningstætheden i København igen steget efter at være faldet gennem sidste halvdel af sidste århundrede. I resten af landet er væksten også størst i de største byer. Samtidig er der i Danmark og internationalt kommet øget fokus på bykvaliteten (liveable cities), og i sammenhæng hermed også trafikkenes negative indvirkning på bymiljøet i form af blandt andet ulykker, forurening og ikke mindst oplevelsen af byrummet. Samlet set betyder det, at kampen om pladsen mellem transportformerne, mellem transportformål og andre anvendelser af byens knappe arealer er skærpet, og i takt hermed er dette tema gennem en årrække flyttet op på den kommunalpolitiske dagsorden.

2.3 Analyseramme og effektivvurdering

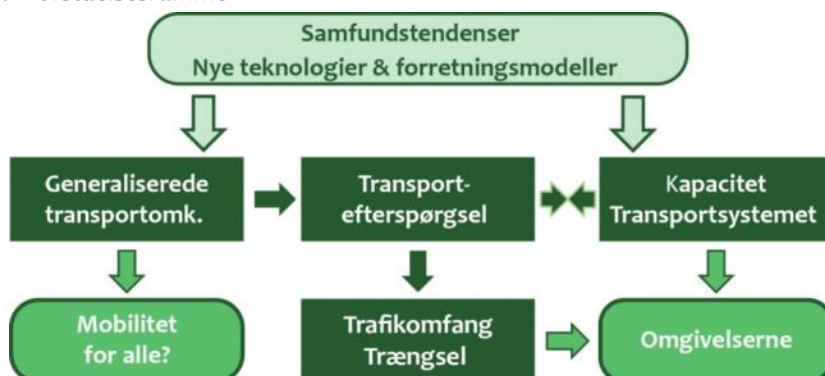
De ovenfor beskrevne udfordringer er ikke statiske. En række overordnede samfundstendenser vil i sig selv påvirke vores mobilitetsbehov og transportmønstre væsentligt over de kommende årtier. Som beskrevet i kapitel 3 kan vi forvente, at det vil skærpe udfordringerne og skabe øget pres på transportsystemet. Dette gælder uden inddragelse af de nye teknologier og forretningsmodeller, som i kombination muligvis vil resultere i drastiske ændringer af både transportsystemet og på vores transportadfærd, dvs. hvor meget og hvordan vi vil transportere os i fremtiden. Det rejser følgende centrale spørgsmål:

- Hvor hurtigt vil de nye teknologier og forretningsmodeller vinde indpas?
- Hvordan vil de påvirke behovet for de forskellige transportformer?
- Vil de gøre udfordringerne større eller kan de bidrage til at løse dem?
- Hvordan er svarene på disse spørgsmål relevante for de kommende års transportpolitik?

I dette afsnit beskrives en analyseramme for effektivvurderingen af de nye teknologier og forretningsmodeller. Udgangspunktet er en forståelse af, at deres såvel som transportpolitikken påvirkning af transportsystemet sker gennem transportefterspørgslen og transportsystemets kapacitet, og at trafikomfang og trængsel er et resultat af samspillet mellem disse. Alle disse begreber har mange dimensioner, herunder ikke mindst opdelingen på transportformer. Endvidere er det geografiske aspekt vigtigt: Specielt har faktorer som urbaniseringsgrad og befolkningstæthed afgørende betydning både for potentialet af de nye teknologier og forretningsmodeller og for karakteren af de transportpolitiske udfordringer.

Nedenstående figur 2.1 giver en oversigt over forståelsesrammen. De enkelte elementer og de effekter, der fokuseres på, uddybes i det følgende.

Figur 2.1 Forståelsesramme



Transportefterspørgsel og kapacitet

En nyttig, grundlæggende skelnen er mellem de påvirkninger, der sker gennem henholdsvis transportsystemets *kapacitet* og *transportefterspørgslen*:

- Den samlede efterspørgsel fremkommer som summen af individuelle beslutninger om at rejse (eller sende gods). Den enkelte beslutning om at rejse (eller sende gods) fra A til B kan betragtes som afledt af en afvejning mellem fordelene ved at komme til B og ulemperne i bred forstand ved rejsen derhen.
- Kapaciteten afhænger naturligvis af transportsystemets dimensionering men også af transportmidlernes belægning, idet en større transportefterspørgsel kan klares med den samme trafikmængde, hvis belægningsgraden er større. Transport måles i personkilometer og tonkilometer, mens trafik måles i transportmiddelkilometer, eksempelvis buskilometer. Kapaciteten måles som det maksimale antal køretøjer eller passagerer pr. tidsenhed.

Generaliserede rejseomkostninger

Begrebet sammenfatter ulemperne ved at rejse i bred forstand og består primært af den tid, man bruger på rejsen, og de penge, den koster. Lang eller uforudsigelig rejsetid er negativt og vægter ofte mere end selve udgiften ved rejsen.

Ulempen ved rejsetiden betyder mindre, jo mindre man er begrænset i den tid man bruger i forbindelsen med rejsen. For eksempel hvis komforten er høj, eller man kan udnytte tiden og ikke bliver afbrudt af skift og ventetid.

Det har også betydning, hvor let det er at planlægge rejsen, og hvor stor fleksibilitet man har i forhold til at skulle beslutte rejsen i god tid og kunne ændre den med kort varsel.

Nye transportteknologier og forretningsmodeller påvirker transportefterspørgslen gennem denne balance mellem fordelene og ulemperne ved at rejse, og fortrinsvist gennem forbedringer, der reducerer ulemperne. Størrelsen af de samlede ulemper ved en rejse afhænger selvfølgelig i den konkrete situation af tid og sted og vil variere på tværs af transportformerne. Overordnet set vil efterspørgslen efter transport stige, hvis ulemperne for den rejsende samlet set falder og omvendt. I transportøkonomisk terminologi benyttes betegnelsen *generaliserede rejseomkostninger* for den sammenvejede sum af ulemperne for den rejsende. For godstransport kan man tilsvarende tale om transportkøberens generaliserede transportomkostninger. For at lette fremstillingen tager beskrivelsen i det følgende primært udgangspunkt i persontransport men er helt parallel for godstransport.

Det overordnede mål om mobilitet er relativt abstrakt og kompliceret at måle i praksis. Men høj mobilitet beror på lave generaliserede rejseomkostninger. Ændringer i de generaliserede rejseomkostninger kan betragtes som en god indikator for ændringer i mobiliteten. Højere mobilitet som følge af lavere generaliserede rejseomkostninger vil derfor alt andet lige som hovedregel også øge transportefterspørgslen.

Forbedringer af transportsystemet kan både øge kapaciteten, f.eks. gennem flere spor, og sænke rejsetiden, f.eks. gennem en opgradering af hastigheden på en vej- eller banestrækning, og dermed mindske ulemperne. Men ændringer i transportsystemet vil typisk ikke påvirke fordelene ved at nå destinationen, hvilket jo er formålet med rejsen. Fordelene eller nytten ved at rejse vil typisk skyldes ændringer uden for transportsektoren. F.eks. kan arealplanlægning mindske (eller øge) behovet for mobilitet eller godstransport. Tilsvarende mindsker moderne kommunikationsteknologi og sociale medier behovet for at mødes fysisk. Begge dele gør nytten ved at rejse mindre.

Trafikomfang og trængsel

Rejsetiden og dermed efterspørgslen afhænger ikke kun af transportsystemets kvalitet men også af balancen mellem trafikken og kapaciteten. Især for vejtrafikken gælder, at rejsehastigheden falder som følge af *trængsel*, når efterspørgslen nærmer sig kapacitetsgrænsen, hvilket spiller negativt tilbage på efterspørgslen. Den faktiske rejsehastighed i forhold til den tilladte kan derfor ses som en god indikator for trængselsniveauet.

Nye teknologier og forretningsmodeller kan påvirke både kapaciteten og de generaliserede rejseomkostninger. For eksempel kan *kapaciteten* øges ved, at selvkørende biler kan køre tættere, eller at førerløse busser kan gøre det muligt at øge afgangsfrekvensen for de samme omkostninger. De samme eksempler vil også øge *efterspørgslen* ved, at den ulempe vi tillægger rejsetid bliver mindre, hvis vi kan udnytte tiden bedre i selvkørende biler henholdsvis får mindre ventetid mellem afgangene.

Fordelingen på transportformer

Det foregående har set bort fra et vigtigt aspekt af og en styrke ved transportsystemet: Det består af flere transportformer, som supplerer hinanden og har forskellige styrker og svagheder. Dertil kommer, at fordele og ulemper opleves forskelligt. Eksempelvis vil nogen værdsætte muligheden for motion og frisk luft ved at benytte cyklen, mens andre vil se udsættelsen for vejrlig og begrænset bagage som begrænsninger.

Fordelingen på transportformer har imidlertid stor betydning for trafikomfang og trængsel og på effekterne på omgivelserne. Det gælder ikke mindst i forhold til balancen mellem personbiler, cykler og kollektiv transport, hvilket i særlig grad har betydning i byerne.

De generaliserede rejseomkostninger bestemmer ikke blot, hvor meget vi rejser. Relative ændringer mellem transportformerne har konsekvenser for, hvor meget vi bruger bil, kollektiv transport, cykel/gang. Tilsvarende kan trængsel med forøgede og uforudsigelige rejsetider påvirke, hvornår vi vælger at rejse, ligesom endemålet og ruten påvirkes af, hvor transportsystemets kvalitet er høj. Trafikomfanget samt transportefterspørgslens fordeling på transportformer og geografi er central i forhold til vurderingen af de øvrige effekter.

Et meget relevant aspekt i forhold til de kommende års transportpolitiske beslutninger er netop, hvorvidt de nye teknologier og forretningsmodeller vil have stor indflydelse på efterspørgslens fordeling mellem bil, bus, tog cykel osv.

Påvirkning af omgivelser og bykvalitet

Trafikomfanget har væsentlig, som oftest negativ, påvirkning af omgivelserne i form af miljøpåvirkning i bred forstand, herunder forurening, trafikuheld, opholdsrum og naturen. Afvejningen af disse påvirkninger i forhold til mobilitetshensyn er ofte et centralt diskussionspunkt i transportpolitiske beslutninger. Det gælder i forbindelse med både infrastrukturinvesteringer og indretningen af transportsystemet, herunder prioritering mellem transportformerne, og regulering af trafikken.

I forbindelse med større infrastrukturprojekter har man en lang og lovfæstet tradition for, at der som led i beslutningsgrundlaget udarbejdes VVM-redegørelser, som indeholder en systematisk vurdering af de miljømæssige konsekvenser af både etableringen af anlægget og af trafikken i hele brugsperioden. Miljøet skal forstås i bred forstand og omfatter også påvirkningen af mennesker.

Miljøeffekter, der er afledt af trafikomfanget, omfatter blandt andet støj, luftforurening og klimabelastning. Trafikuheld kan, om man vil, også henføres til disse. Disse trafikaflødte effekter afhænger dog ikke kun af trafikomfanget men kan mindskes blandt andet ad teknologisk vej. Eksempelvis kan luftforurening og CO₂-

VVM-redegørelser

Jf. VVM-bekendtgørelsen Bilag 4³⁾ skal redegørelsen omfatte: "En beskrivelse ... af anlæggets betydelige virkninger på omgivelserne, herunder navnlig virkningerne på befolkning, fauna, flora, jord, vand, luft, klimatiske forhold, omfanget af transport, materielle goder, herunder den arkitektoniske og arkæologiske kulturarv, landskabet, offentlighedens adgang hertil og den indbyrdes sammenhæng mellem ovennævnte faktorer samt en beskrivelse af de som en mulig følge af miljøpåvirkningerne afledte socioøkonomiske forhold."

udslip reduceres gennem emissionsstandarder eller helt elimineres ved at cykle eller overgå til el-biler på strøm fra vind- og solenergi.

Tilsvarende griber infrastrukturanlæg ind i landskab og natur og påvirker indretningen af byerne. Helt konkret skaber jernbaner og større veje barriereeffekter og begrænser anvendelsesmulighederne og oplevelsen af de berørte byrum og naturområder.

Mere generelt er udformningen af infrastrukturen og benyttelsen af transportsystemet tæt integreret i bylivet og har dermed stor betydning for bykvaliteten. Med bykvalitet forstås byområdets attraktivitet både for erhverv, besøgende og som bomiljøer. Bykvaliteten afhænger af arkitekturen, mobilitet og tilgængelighed, det lokale miljø (støj, luftforurening, barriereeffekt, oplevet tryghed, trafiksikkerhed etc.), og om byrummene indbyder til ophold og skaber rammerne for, at det lokale liv kan folde sig ud. Bykvaliteten har indflydelse på oplevelsen af at færdes i byen, mødet mellem mennesker, attraktiviteten for investeringer og påvirker dermed både væksten og borgernes livskvalitet.

Endvidere kan delebilsordninger og førerløse biler give anledning til mindre *parkerings*-behov, hvilket frigøre plads i byernes gaderum, som så kan udnyttes til at øge trafikafviklingskapaciteten eller til at øge kvaliteten af byrummene eller andre ikke-transportrelaterede formål.

Endelig vil udbygningen af transportsystemet i høj grad påvirke, hvor befolkningen vælger at bo, og hvor virksomhederne lokaliserer arbejdspladserne, hvilket spiller tilbage på behovet for transport og indretningen af transportsystemet. Byudviklingsplanen for Ørestaden er et eksempel på en strategisk samtænkning af dette samspil.

Mobilitet for alle

Bilen står i dag for langt størstedelen af vores persontransportbehov, og knap to tredjedele af alle husstande har rådighed over bil. Endvidere er mange af husstandene uden bil ikke økonomisk afskåret fra at have bil, men har fravalgt bilen af andre årsager. Men ikke alle har kørekort eller bryder sig om at køre bil. Børn og unge benytter i dagligdagen i høj grad cyklen ligesom mange voksne i byerne, mens det kun i begrænset omfang gælder de ældre. Til længere ture er cyklen af naturlige årsager utilstrækkelig. Den kollektive transport spiller derfor en afgørende rolle i samfundets forpligtelse til at sikre mobilitet for hele befolkningen.

Den kollektive transport har i dag tre primære roller:

- For det første er et effektivt kollektivt transportsystem afgørende for mobiliteten i byerne.
- For det andet er den kollektive transport også den centrale spiller i forhold til samfundets offentlige serviceforpligtelse (PSO – **P**ublic **S**ervice **O**bligation), som betyder, at der sikres en vist niveau af mobilitet for alle borgere.
- For det tredje kan bus, tog og fly levere effektiv transport mellem byerne over længere afstande, blandt andet fordi man kan udnytte transporttiden.

Men alle tre roller kan blive kraftigt påvirket af de nye teknologier og forretningsmodeller: Et stigende efterspørgselspres kan øge behovet for kollektiv transport for at forhindre, at trængsel og nedsat fremkommelighed på vejnettet begrænser mobiliteten i de større byer. Nye forretningsmodeller kan give samkørselsformer og delebilsordninger, som kan skabe nye måder at sikre mobilitet for alle som supplement til eller erstatning

for dagens kollektive transport. Førerløse biler kan give personer uden kørekort mulighed for at benytte bil, og de vil også give bedre mulighed for udnytte transporttiden.

Et vigtigt aspekt at undersøge er derfor, hvordan det vil påvirke den kollektive transports mulighed og behov for at udfylde disse tre roller. De økonomiske muligheder for at tilbyde god kollektiv transport er meget afhængigt af antallet af brugere, blandt andet for at opretholde en høj frekvens. Derfor er det vigtigt at vurdere, hvordan de nye teknologier og forretningsmodeller kan forventes at påvirke transportefterspørgslens fordeling på kollektiv transport og bil. Konsekvenserne være vidt forskellige for forskellige typer af transport og grader af urbanisering, eksempelvis i tyndt befolkede områder og pendlingsrejser i Hovedstadsområdet, jf. nedenfor.

Imidlertid er det ikke kun i forhold til den kollektive transport men mobiliteten i det hele taget, at effekterne kan variere mellem forskellige befolkningsgrupper, eksempelvis efter indkomst, alder, region eller urbaniseringsgrad. Gavner de alle? Øges forskellene, fordi mulighederne først og fremmest bliver større for byboere og folk med adgang til bil, der i forvejen har en høj tilgængelighed og mobilitet? Eller åbner det for nye mobilitetsløsninger til gavn for dem, der ikke har mulighed for at benytte bil og/eller bor i tyndt befolkede områder.

Hvornår?

Et væsentligt aspekt af nye teknologier og forretningsmodellers implikationer for transportpolitikken er, hvor hurtigt der kan forventes væsentlige påvirkninger af transportsystemet og transportadfærden. Det afhænger for det første af, hvornår den pågældende teknologi er 'klar' til markedsintroduktion, hvilket kræver, at den er velafprøvet og har et omkostningsniveau, så et tilstrækkeligt stort markedssegment vil efterspørge den. Derefter skal der gennem et indtrængningsforløb ske en tilstrækkelig stor udbredelse til, at der er tale om en samlet set væsentlig påvirkning af transportefterspørgslen. I det omfang dette sker gennem udskiftningen af bilparken, vil bilernes lange gennemsnitlige levetid spille ind.

Vurderingen af nye teknologiers indtrængningsforløb er næsten per definition forbundet med stor usikkerhed. Det gælder i særlig grad for teknologier, der har potentiale til store forandringer af menneskers adfærd. I analyserne vil effekterne blive vurderet i relation til tre tidsperspektiver:

- Før ca. 2025;
- Ca. 2035;
- Efter ca. 2045.

Nedenstående figur 2.2 præsenterer et samlet overblik over de ovenfor beskrevne dimensioner i analysens effektvurderinger. Betydningen af hver af dem vil være forskellig afhængigt af det konkrete emne, og fokus vil i hvert emne blive lagt på de effekter, der vurderes som væsentlige. Det sker med udgangspunkt i deres konsekvenser for transportefterspørgslen via de generaliserede rejseomkostninger og for transportsystemets kapacitet.

Figur 2.2 Oversigt over dimensioner i effektivitet

Generaliserede Rejseomkostninger <ul style="list-style-type: none"> • Hastighed og pålidelighed <ul style="list-style-type: none"> – Rejsetid – Rejsetidsvariabilitet • Nytte af rejsetid (tidsværdi) <ul style="list-style-type: none"> – Mulighed for at udnytte tiden – Skift, ventetid – Komfort og privatliv • Direkte omkostninger <ul style="list-style-type: none"> – Kørselsafhængige (per km) – Faste (bilrådighed) • Transaktionsomkostninger <ul style="list-style-type: none"> – Besvær ved rejseplanlægning – Fleksibilitet 	Trafikomfang og trængsel <ul style="list-style-type: none"> • Trafikarbejde • Trafikintensitet i f.t. kapacitet 	Transportsystemets kapacitet <p>Kapacitet: Trafikafvikling</p> <p>Kapacitet: Parkering ↔ behov</p>
	Geografisk opdeling <p>De største byer Omkring de største byer Øvrige byer og på landet Mellem byerne</p>	Økonomi <p>Offentlige finanser</p> <p>Erhvervslivets behov, pendling</p>
Mobilitet for alle <p>Mulighed for at levere på PSO</p> <p>Kollektiv trafiks konkurrenceevne</p> <p>Befolkningsgrupper</p> <ul style="list-style-type: none"> – Geografisk – Socialt 	Tidsperspektiv <p>Hvornår er teknologien markedsklar?</p> <p>Hvor hurtigt optages den?</p> <p>Før ca.2025; ca. 2035; efter ca. 2045</p>	Omgivelserne <ul style="list-style-type: none"> • Bykvalitet • Miljøvurdering (VVM) <ul style="list-style-type: none"> – Trafiksikkerhed – Støj og luftforurening – Barriereeffekt og byrum – Landskabs- og naturpåvirkning • Lokaliseringseffekter

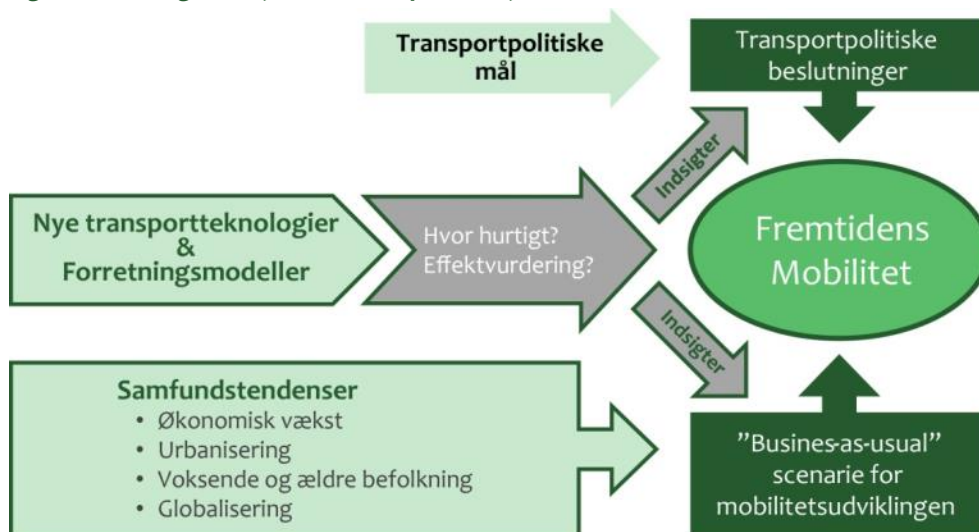
2.4 Nye transportteknologier og forretningsmodeller i samspil med generelle samfundstendenser

Digitalisering og automatisering har revolutioneret verden de sidste 10-20 år, ikke mindst gennem udbredelsen af intelligent kommunikationsteknologi (IKT). I disse år spreder teknologien sig til transportsektoren, hvor vi ser en rivende udvikling af nye innovative mobilitets- og logistikløsninger. Udviklingen er ikke mindst drevet af trådløs dataoverførsel, billiggørelse af sensorer og computerkraft, som har potentiale til omfattende forandringer af hele vores transportsystem og mobilitetsmønstre inden for de næste årtier.

Forandringerne er ikke kun drevet af nye transportteknologier men også af nye forretningsmodeller, dvs. nye måder at tilvejebringe og markedsføre mobilitets- og logistikløsninger. Dette er i høj grad er muliggjort af de nye IKT-platforme, ikke mindst effektiv og billig mobil adgang til internettet. Disse teknologiske nybrud og nye forretningsmodeller kan forventes at få væsentlig indflydelse på transportsystemet og på, hvordan og hvor meget vi vil transportere os i fremtiden. Sådanne faktorer vil det være vigtigt at tage højde for i de kommende års transportpolitiske beslutninger, og de er som sådan hovedemnet i dette arbejde og vil blive analyseret nærmere i de efterfølgende kapitler.

Men adskiller de nybrud, vi ser i øjeblikket, sig fra, hvad vi har oplevet hidtil? Transportsektoren har været under løbende forandring og udvikling gennem de sidste mange årtier, ja siden jernbanens gennembrud for ca. 150 år siden, og transportomfanget for både personer og gods har samtidig været støt stigende. Den historiske udvikling er resultatet af en kæde af både teknologiske og samfundsmæssige forandringer. Fra det perspektiv kan vores dages nye teknologier og forretningsmodeller ses som næste skridt i en kontinuert forlængelse af denne historiske udvikling.

Figur 2.3 Oversigt over faktorer, der påvirker fremtidens mobilitet



Ovenstående figur 2.3 viser, at samfundstendenserne/megatendenserne sammen med 'business-as-usual' scenariet giver et samlet baggrundstæppe for vurderingen af de nye teknologiers og forretningsmodellers betydning for fremtidens mobilitet: Vil de på afgørende vis ændre retningen på den generelle udvikling vi har over de seneste årtier, eller skal de snarere ses som faktorer som modificerer udviklingstendenserne i 'business as usual'-scenariet?

Det efterfølgende Kapitel 3 præsenterer en række velkendte samfundsmæssige trends, som har haft stor indvirkning på udviklingen hidtil, og som også forventes at præge transportsektoren i fremtiden. Disse generelle trends skal ses som et vigtigt baggrundstæppe for dette arbejdes egentlige fokus: Betydningen for transportporten af nye teknologier og forretningsmodeller, som er på vej ind i transportsektoren, og som grundlæggende set er muliggjort af den digitalisering, som det meste af samfundet er undergået.

De nye teknologier og forretningsmodeller, der behandles i denne rapport, er samlet i tre hovedemner, som alle tre er betinget af digitaliseringen:

- *Digitalisering (Kapitel 4).* Det ene emne er blot kaldt digitalisering og dækker over de muligheder for større kapacitet i vejnettet, optimering af trafikafviklingen og forøgelse af trafiksikkerheden som bedre trafikstyring og trafikafvikling giver som følge af den digitale kommunikationsteknologi. De muligheder, der her fokuseres på, er enten velafprøvede, markedsklare eller bliver det i de nærmeste år.
- *Nye forretningsmodeller (Kapitel 5).* Mobil og allestedsnærværende adgang til internettet via smartphones har resulteret i en række nye måder at organisere og købe transport på. Disse nye forretningsmodeller er endnu kun begrænset udbredt men er i hastig vækst. De er baseret på en deleøkonomisk tankegang, hvor biltransport er en serviceydelse og ikke som hidtil bundet op på ejerskab af bilen. E-handel er også en form for ny forretningsmodel, som godt nok er uden for transportsektoren, men da den griber omfattende ind i varedistributionen, er den derfor også analyseret.
- *Automatisering (Kapitel 6).* Med afsæt i en eksplosiv udvikling i computerkraft og sensorteknologi har robotteknologi fået stor udbredelse i mange grene af den industrielle produktion. Den er nu også på vej i transportsektoren i form af køretøjer, der

er selvkørende i forskellig grad. Af de tre hovedemner er dette det mest fremtidsorienterede med mest usikkerhed om, hvornår og hvor langt teknologien vil komme. Samtidig er det det, der har mest vidtrækkende konsekvenser fra indretningen af transportsystemet.

Hovedemnerne er indbyrdes forbundne og vil måske give anledning til helt nye koncepter og perspektiver, hvilket beskrives i et samlet billede i det afsluttende Kapitel 7.

Som led i afgrænsningen af opgaven er der valgt at fokusere på teknologier og koncepter, der vurderes at kunne

- have potentiale til stor effekt på vores samlede transportomfang eller -mønster i et omfang, der kan påvirke prioriteringerne i transportpolitikken, og
- få væsentlig udbredelse i løbet af de næste ca. 30 år og dermed have betydelig indflydelse på de samfundsøkonomiske afkast af de investeringer i transportsystemet, der vedtages i de kommende år.

I tråd med disse kriterier er der set bort fra helt nye transportkoncepter, som vurderes kun at være

- relevante eller økonomisk bæredygtige på nichemarkeder eller i lande med langt større bystørrelser end i Danmark; eller
- på så eksperimentelt et udviklingsstade, at det er meget spekulativt, om de overhovedet vil blive introduceret eller tidligst at blive introduceret på mere end 20 års sigt.

Ud fra disse betragtninger er for eksempel persondroner, 'Jetpacks' og 'Hyperloop' ikke analyseret⁴⁾.

I analyserne er der desuden taget udgangspunkt i, at danske beslutninger ikke påvirker hastigheden af den teknologiske udvikling på området, men kun hvornår og i hvilket omfang de vil få udbredelse i Danmark. Der ses således heller ikke på, om der kunne være et erhvervspolitisk potentiale for Danmark ved at være førende i udvikling og implementering af nye teknologier og forretningsmodeller.

Det digitale vækstpanel

I sin rapport⁵⁾ fra maj 2017 vurderede Det digitale Vækstpanel de potentielle gevinster ved øget udnyttelse af digitale teknologier i 2025 i fem af de vigtigste økonomiske sektorer: Man nåede frem til en samfundsmæssig gevinst på omkring 87 mia. kr., hvoraf transportsektoren står for godt en fjerdedel og handel, som jo er tæt forbundet til godstransporten, for knap en tredjedel.



3 Samfundstendenser

Nye teknologier og forretningsmodeller påvirker fremtidens transportefterspørgsel i et samspil med de generelle samfundstendenser, som i sig selv har afgørende indflydelse på transportmønstre og trafikvækst. De kommende års transportpolitiske beslutningers langsigtede konsekvenser skal derfor ses som en påvirkning af denne udvikling.

For at kunne vurdere konsekvenserne af de nye teknologier og forretningsmodeller op-ridses derfor i kapitlet først en række generelle *samfundstendenser*, som vigtige drivkræfter for trafikvæksten og ændringerne i vores mobilitetsmønstre både i fortiden og forventeligt også i fremtiden. Det drejer sig om:

- Økonomisk vækst (afsnit 3.1)
- Voksende og ældre befolkning (afsnit 3.2)
- Urbanisering (afsnit 3.3)
- Globalisering (afsnit 3.4)
- Bedre transportsystem (afsnit 3.5)

Ud over disse langsigtede megatrends ser vi også en række mulige nye tendenser i mobilitetsadfærden, som beror dels på nye teknologier men også på livsstils- og holdningsændringer. Hvis de har permanent karakter, kan de påvirke vores transportefterspørgsel varigt. Disse nye tendenser diskuteres i afsnit 3.6.

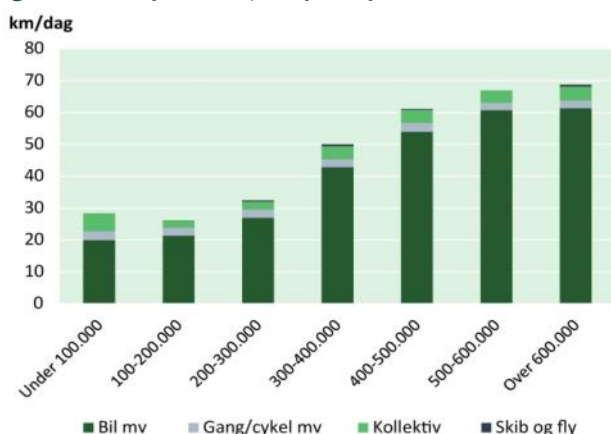
Disse megatrends indflydelse på den fremtidige transportefterspørgsel søges kvantificeret i et business-as-usual scenarie (afsnit 3.7). Størrelsesordenen af de nye teknologiers og forretningsmodellers effekter kan skaleres mod dette business-as-usual scenarie i de efterfølgende kapitler.

Transport er fortsat næsten udelukkende baseret på fossil energi, og sektorens andel af Danmarks samlede CO₂-udslip er betydelig og stigende. Afslutningsvist perspektiverer den forventede fremtidige vækst i transportefterspørgslen derfor i forhold til klimaudfordringen og målene om reduktion af det samlede CO₂-udslip (afsnit 3.8).

3.1 Økonomisk vækst – Vi rejser mere og køber flere ting, når vi bliver rigere

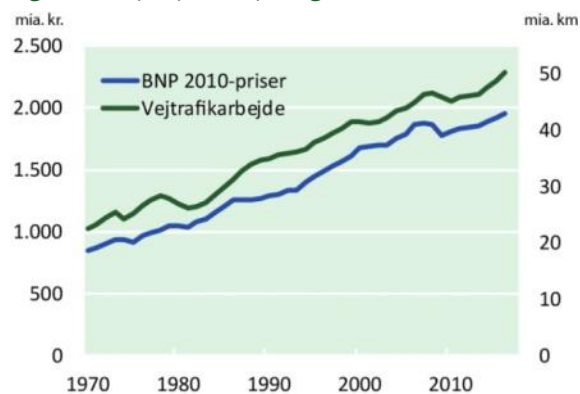
Økonomisk velstand er en af de stærkeste faktorer bag transportefterspørgslen. Økonomisk vækst har været en af de vigtigste drivere for den generelle stigning i person- og godstransporten, som har fundet sted i det meste af verden de seneste 50-100 år. Sammenhængen genfindes, når man sammenligner lande med forskellige indkomstniveauer eller på tværs af indkomstgrupper i de enkelte lande. Helt overordnet skyldes det, at vi forbruger mere, blandt andet af transport, når vi får bedre råd, ligesom den større produktion af andre varer også kræver mere transport. Stigningstakten i transporten følger i store træk konjunkturforløbene. Under lavkonjunktur forbruger og rejser vi mindre, og lavere beskæftigelse medfører færre pendlingsrejser.

Figur 3.1 Transportarbejde opdelt på indkomst



Kilde: Transportvaneundersøgelsen 2016

Figur 3.2 Vejtrafkararbejde og BNP



Kilde: Danmarks statistik, Statistikbanken og Vejdirektoratets Statistikatalog

Sammenhængen mellem økonomisk vækst og vækst i trafikarbejdet er særligt klar, hvis vi kun ser på vejtrafkararbejdet (figur 3.2). Det skyldes først og fremmest, at personbilen og lastbilen samlet set er det hurtigste alternativ til de fleste ture. Historisk set har vi rejst mere i bil på bekostning af andre transportformer i takt med, at flere har fået råd til at anskaffe bil og bil nummer to, som sammen med andre faktorer også har medvirket til, at der i gennemsnit er færre personer i hver bil. Udover den økonomiske vækst spiller priserne på brændstof og på biler, inklusiv afgifter, naturligvis også en rolle for trafikvæksten. Realprisen på brændstof er generelt steget over perioden, mens realprisen på biler er faldet. De kortsigtede afvigelser i sammenhængen mellem indkomst og trafikarbejde i figur 3.2 kan for en stor dels vedkommende forklares ved variationer i disse priser.

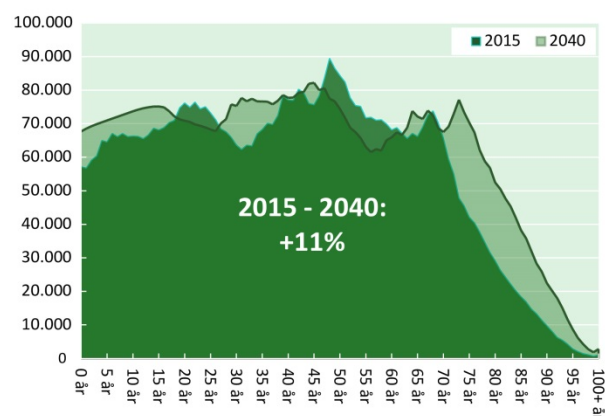
De fleste økonomer forventer, at vi også fremover vil opleve stigende indkomster, hvilket vil give anledning til øget transportefterspørgsel. Den generelle opfattelse er dog, at den økonomiske vækst nok bliver mindre end de ca. 2% om året, som Danmark oplevede i gennemsnit i anden halvdel af det 20. århundrede⁶⁾.

Økonomiske vækst og trafik

Betydningen for indkomst i trafikudviklingen er blevet kvantificeret mange gange både i Danmark og i andre lande. Den økonometriske model ART⁷⁾ estimerer biltrafkarbejdet pr. indbygger i Danmark på baggrund af blandt andet indkomstudviklingen (BNP pr. indbygger). I ART inddrages betydningen af indkomst på både årskørslen og bilejerskabet baseret på historiske tidsserier. Resultaterne fra ART giver en indkomstelasticitet på 1,06, hvilket stemmer godt overens med tilsvarende resultater for Frankrig, Storbritannien og Tyskland. Statistiske analyser fra disse og andre lande tyder dog på, at indkomstens effekt på trafikomfanget på vejene er aftagende⁸⁾.

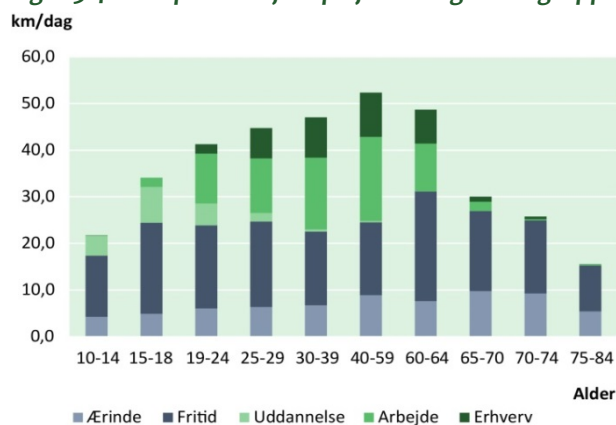
I det lange tidsperspektiv spiller økonomisk vækst også en indirekte rolle for væksten i transportefterspørgslen. Økonomisk vækst har også givet samfundet mulighed for at investere i forbedringer af transportsystemet i form af eksempelvis udbygning af vejnettet og jernbaner, hvilket løbende har gjort det stadig hurtigere og mindre besværligt at rejse. Disse effekter er implicit medtaget i den ovenstående indkomstelasticitet. Tilsvarende er der implicit også inddraget den voksende trængsel, som også er sket i samme periode, og som dermed har givet et forringet udbud af transport i visse områder.

Figur 3.3 Befolkningens aldersfordeling 2015 og 2040



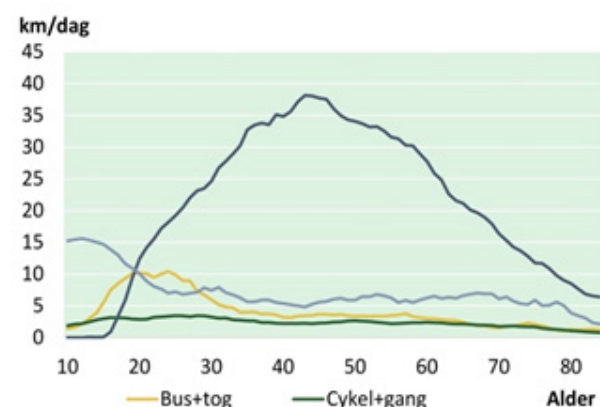
Kilde: Danmarks Statistik, Statistikbanken

Figur 3.4 Transportarbejdet på formål og aldersgrupper



Kilde: Transportvaneundersøgelsen 2016

Figur 3.5 Transportarbejde på transportform og alder



Kilde: Transportvaneundersøgelsen 2011-2015

Endelig er det værd at notere sig, at de generelle samfundstendenser er indbyrdes forbundne. Demografi, urbanisering, globalisering og et stadig mere effektivt transportsystem har været afgørende faktorer bag den økonomiske vækst, men har også en stor selvstændig indflydelse på transportefterspørgslen. Disse faktorer belyses nærmere i det følgende.

3.2 Demografi – befolkningen vokser og bliver ældre

Flere mennesker vil alt andet lige give en tilsvarende stigning i transportefterspørgslen. For hundrede år siden havde Danmark en befolkning på ca. 3 mio. mennesker. Siden da har befolkningsvæksten været på ca. 0,7% om året til i dag godt 5,7 mio. mennesker.

Ifølge Danmarks Statistiks befolkningsfremskrivning vil befolkningen fortsat vokse, men i mindre takt frem mod 2040 til knap 6,3 mio. mennesker, svarende til en stigning på 11% i løbet af 25 år (fra 2015). Stigningen fordeler sig nogenlunde ligeligt på forudsætningerne om fødselsoverskud og nettoindvandring. Den største del af stigningen vil ske blandt de ældre. Befolkningsgruppen over 70 år forventes at stige med 77% som følge af generationseffekter og højere gennemsnitslevealder og vil udgøre 1,1 mio. mennesker (18%) mod i dag 0,6 mio. mennesker (11%).

Transportarbejdets fordeling på aldersgrupper udviser stor variation. Det skyldes dels indkomstforskelle og forskellige behov mellem aldersgrupper, ligesom helbred og andre forhold kan spille ind. Som det fremgår af Figur 3.5 viser Transportvaneundersøgelserne, at transportarbejdet stiger med alderen op til midt fyrrerne, hvorefter det falder igen. Faldet for de ældre skyldes især, at pendlings- og erhvervsrejserne falder bort, når man går på pension. Fordelingen af transportarbejdet på de forskellige transportmidler varierer også over aldersgrupper. F.eks. er transportarbejdet som bilfører jævnt stigende med alderen indtil midt fyrrerne, hvorefter det jævnt falder igen, transportarbejdet i kollektiv trafik er størst for de unge, mens transportarbejdet som bilpassager er størst for børn.

En ændret aldersfordeling vil derfor også påvirke transportarbejdet og dets fordeling på transportmidler. F.eks. vil forskydningen mod en ældre befolkning alt andet lige trække i retning af et lavere trafikarbejde.

Hvis man forestiller sig, at fremtidens generationer har samme transportarbejde som generationerne har i dag,

og hvis man samtidig ser bort fra den generelle befolkningsvækst, så vil effekten af den ændrede aldersfordeling på det samlede biltrafkarbejde blive et fald på knap 5% til 2030 og omkring 8% til 2040.

Transportvaneundersøgelsen (TU)

TU angiver kun transportarbejde for personer i alderen 10-84 år. Det er i denne beregning antaget, at børn under 10 år har et transportarbejde svarende til halvdelen af en 10-årig, og at ældre over 84 år har et transportarbejde svarende til halvdelen af en 84-årig. Se DTU (2018), Fremskrivningstendenser for persontrafikken til 2030 for detaljeret beskrivelse af beregningerne.

Tabel 3.1 Effekten på transportarbejdet af en ændret aldersfordeling

	%vis ændring i forhold til 2015	
	2030	2040
Samlet trafikarbejde (som bilfører)	-4,6%	-8,1%
Kollektiv trafik	-5,4%	-0,1%
Cykel og gang	-3,7%	-6,5%

Anmærkning: Tabellen viser effekten på transportarbejdet af ændret alderssammensætning i fremtiden under den forudsætning at hver aldersgruppe har det samme transportmønster som i 2011-2015.

Det ses i tabel 3.1, at den ændrede aldersfordeling – alt andet lige – forventes at bidrage markant negativt til den samlede trafikvækst, hvilket slår igennem på alle typer af trafik. Dette skyldes især, at der sker en stigning i ældre, som generelt har et lavere transportforbrug. Effekten på kollektiv transport i 2040 er ubetydelig efter et væsentligt fald til 2030. Dette skyldes blandt andet, at der sker et fald i antallet af unge, som har et højt forbrug af kollektiv transport, hen mod 2030, hvorefter denne gruppe vokser frem til 2040.

I beregningerne er der taget udgangspunkt i dagens transportarbejde ifølge Transportvaneundersøgelsen, og det er antaget, at fremtidige generationer har præcis samme transportadfærd som i dag, hvilket dog næppe vil være tilfældet. Det er dog værd at bemærke, at faldet i transportarbejdet som følge af alderssammensætningen alt andet lige vil blive mere end opvejet af den generelle befolkningsvækst. Der er imidlertid samtidig en række andre faktorer, som gør, at de fremtidige generationers transportadfærd kan forventes at afvige fra den aktuelle. Dette gælder ikke mindst for de ældre, som gennemsnitlig formentlig vil have en livsstil, der minder mere om resten af den voksne befolkning end i dag:

- Den væsentligste faktor er, at et bedre helbred vil give et mere aktivt og udadvendt liv for især de ældste.
- Flere ældre kan forventes at have kørekort som følge af et bedre helbred og i mindre omfang som følge af generationseffekter, hvilket i sig selv vil gøre dem mere mobile og øge deres brug af bil.
- Især blandt de yngre ældre må flere forventes fortsat at være erhvervsaktive både som følge af bedre helbred og af de senere års, arbejdsmarkedsreformer.
- De fremtidige ældre vil forventeligt være økonomisk bedre stillet, da en større del af de ældre i fremtiden vil have private pensionsordninger som supplement til folkepensionen (www.Danmarkshistorien.dk).
- Endelig kan man forestille sig at en meget større andel af ældre kan påvirke præferencer og transportadfærd på en lang række andre områder, som også bør tænkes ind i planlægningen af fremtidens transport.

Det må derfor forventes, at fremtidens ældre i højere grad vil bevare et transportomfang og en fordeling på transportformer, der ligner det, de har været vant til. Dermed vil effekten af den ændrede aldersfordeling samlet set blive mindre. Effekten af befolkningstilvæksten på transportarbejdet vil derfor også for fremtiden nærme sig at være 'én til én'.

Gruppen af *børn og unge* under 20 år forventes i følge befolkningsfremskrivningen at stige en smule. Når denne gruppe rejser selvstændigt, er det ofte korte ture, hvor der benyttes cykel og gang. Flere børn genererer dog også flere bilture, da forældre henter og bringer dem. Fra ca. 16 år bliver afstanden til uddannelsessted (gymnasiale uddannelser) ofte længere, ligesom transportarbejdet som bilpassagerer bliver mindre. Kollektiv transport fylder derfor en del for disse unge.

3.3 Urbanisering – fra land til by og fra mindre til større byer

Befolkningsvandring fra land til by har fundet sted i Danmark i mere end hundrede år, i takt med at stigende landbrugsproduktivitet har frigjort arbejdskraft fra fødevarerproduktionen. I 1960 boede 1,2 mio. danskere i landdistrikter; i 2015 var tallet faldet til 0,7 mio.⁹⁾, og samtidig er der sket en forskydning fra de mindre til de større byer.

Urbaniseringen er et globalt og langsigtet fænomen. OECD har estimeret, at verdens bybefolkning fra 1950 til 2050 vil være steget fra ca. 1 mia. til omtrent 6 mia. mennesker, så byernes andel af klodens samlede befolkning vil være steget fra ca. 30% til 66%. Der er tale om en meget stærk trend, som blandt er drevet af såkaldte agglomerationsfordele ved, at mange mennesker bor tæt i de større byer. Rapporten når frem til, at en fordobling af bystørrelsen betyder en produktivitetsstigning på 2-5%. Fordelene ved tæthed betyder vækst af fire årsager¹⁰⁾:

- Højere specialisering gennem mulighederne for arbejdsdeling
- Skarpere konkurrence, der ansporer til innovation og effektivisering
- Større arbejdsmarked, der øger mulighederne for jobmatch mellem behov og kompetencer
- Hurtigere vidensspredning

Urbaniseringstendensen forstærkes også af globaliseringen, jf. næste afsnit, idet de store byer er bedre internationalt opkoblet gennem infrastrukturknudepunkter.

Den klare langsigtede tendens til, at færre bor på landet og flere i større og større byer, er nettoresultatet af mange flytninger hvert år både til, fra og mellem byerne, såvel som ændringer i fødsels- og dødsrater. Væksten sker ved nybyggeri i byens periferi eller forstæder såvel som i boligfortætning bycentrene i de større byer. Denne boligfortætning i bycentrene er blandt andet mulig som følge af, at udflytning af ikke mindst tunge industrivirksomheder har givet mere plads.

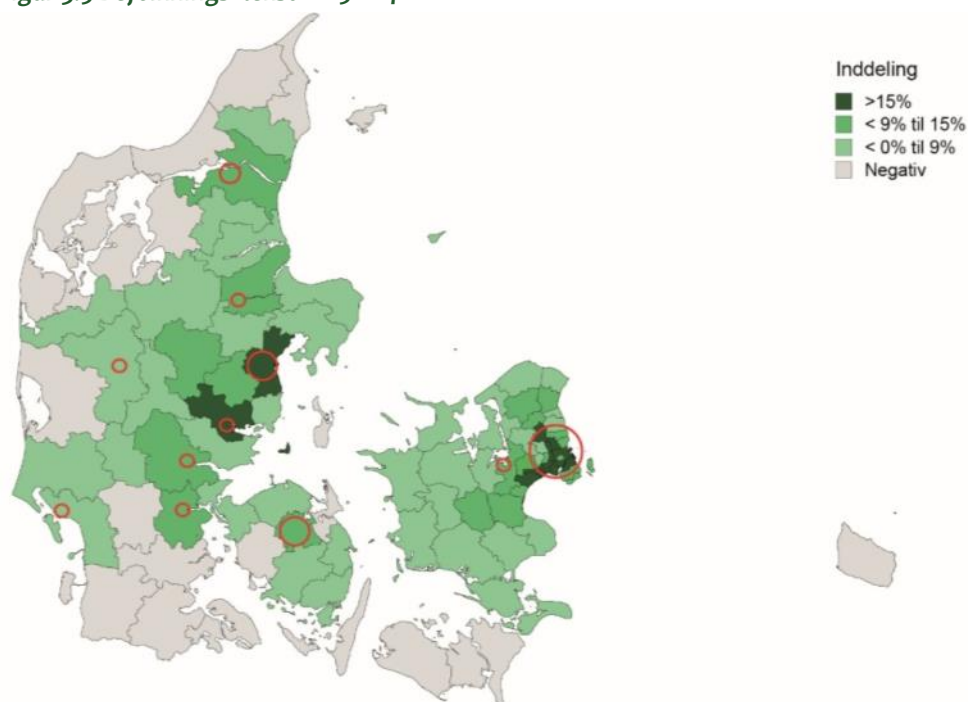
Tabel 3.2 Danmarks urbaniseringsgrad sammenlignet med gennemsnittet for EU

2015	EU27	Danmark
Store byer	40%	34%
Medium byer og forstæder	32%	21%
Små byer og landområder	28%	45%
Befolkningstæthed (indb./km ²)	117%	130%

Kilde: DEGURBA, Eurostat

Som eksempel var Københavns Kommune allerede i 1950 vokset til mere end 750.000 indbyggere, men faldt derefter frem til et lavpunkt på ca. 465.000 omkring år 1990 på grund af sanering af boligmassen og udflytning til forstæderne. Siden og særligt de seneste ti år er nybyggeriet steget markant, og flere unge familier vælger at blive i byen. Befolkningen er således vokset til nu ca. 600.000 indbyggere og forventes at vokse yderligere med ca. 125.000 indbyggere de næste 15 år.

Figur 3.5 Befolkningsvækst 2015-2040



Kilde: Danmarks statistiks befolkningsfremskrivninger. Statistikbanken.
Anmærkning: ○ = Hovedstadsområdet og landets ti største byer.

Det er især de unge, der flytter til byerne, og mange af dem i forbindelse med en uddannelse. At uddannelsesinstitutionerne ofte ligger i de større eller mellemstore byer er væsentligt medvirkende til en betydelig forskel i alderssammensætningen med en relativt ældre befolkning på landet og i de små byer.

I en europæisk sammenligning er Danmark ikke særligt urbaniseret. Den gennemsnitlige befolkningstæthed i Danmark er nogenlunde som i EU, men vi har færre, der bor i midtstore byer ifølge EU's klassificering, hvilket i Danmark svarer til de større byer.

Figur 3.6 ovenfor viser befolkningsvæksten i kommunerne frem til 2040 (p.t. 2027) ifølge Danmarks Statistiks befolkningsfremskrivning. Endvidere er angivet København og de ti største byer med cirkler, der angiver befolkningstallet. Mønstret er tydeligt med størst tilvækst i Hovedstadsområdet, det østjyske bybånd samt Ålborg og Odense. Kommuner i de tyndtbefolkede områder forventes generelt at få enten lav eller negativ befolkningstilvækst.

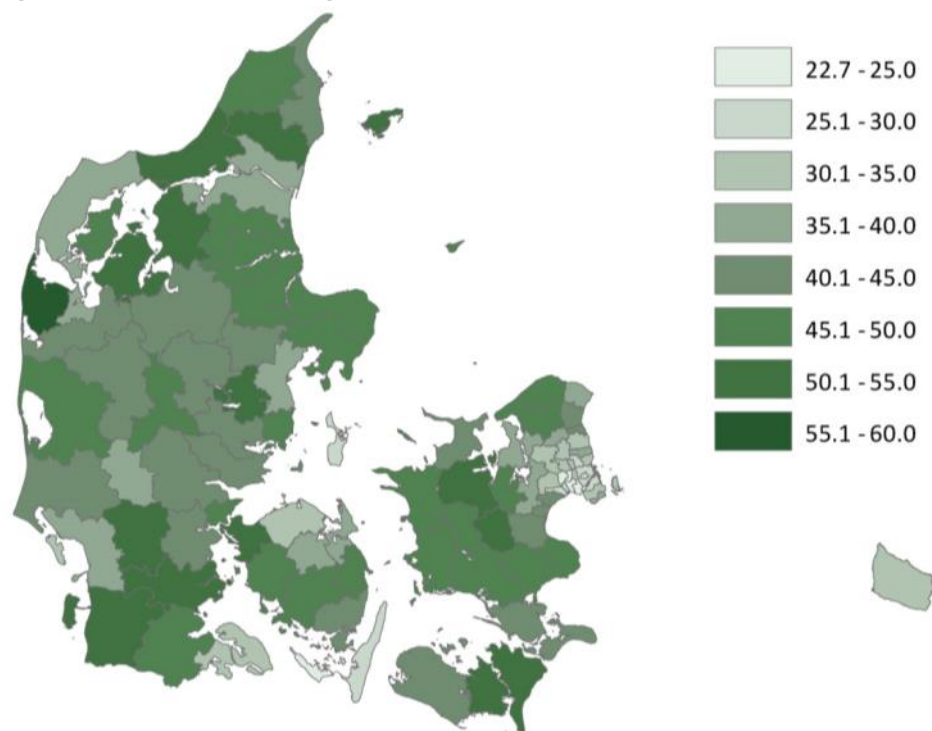
Højere befolkningskoncentrationer giver generelt højere tilgængelighed til arbejdspladser og de fleste andre aktivitetsdestinationer og dermed mindre transportbehov og bedre muligheder for kollektiv transport. I de stadig tyndere befolkede landområder og mindre byer bliver det dyrere pr. passager at opretholde et uændret serviceniveau i den kollektive transport.

Da befolkningsvæksten forventes at blive størst i Hovedstadsområdet og de større byer, vil trafikken flytte til de dele af infrastrukturen, der i forvejen er mest belastet af trængsel, og hvor knappe arealer gør udbygningen af kapaciteten dyrere.

Den ændrede lokalisering af befolkningen kan ligesom aldersfordelingen også af sig selv tænkes at påvirke den samlede udvikling i transport- og trafikarbejdet, da der jo observeres forskellig transportadfærd alt efter, hvor folk bor. Dette skyldes dels, at mulighederne for forskellige transportvalg ikke er ens overalt i landet – f.eks. er der et større udbud af kollektiv transport i byerne – og dels, at folks transportmønstre også er forskellige. Der er således forskel på, hvor langt folk for eksempel rejser.

De følgende kort viser, hvordan transportarbejdet varierer mellem kommunerne efter bopæl.

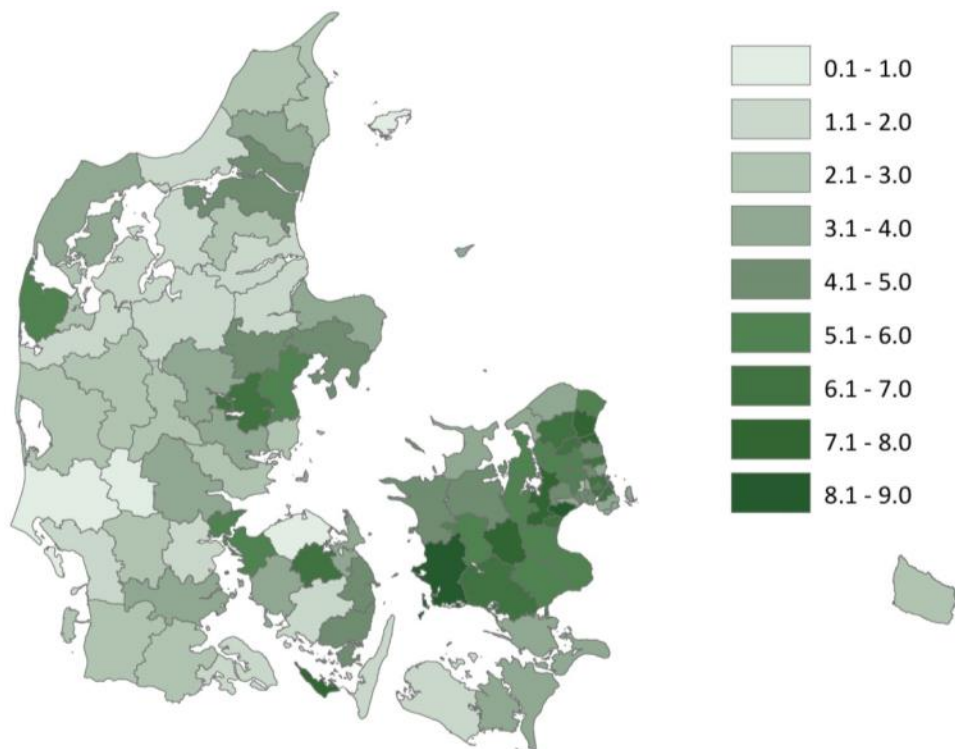
Figur 3.6 Km pr. person pr. dag – alle transportmidler, kommuneopdelt



Kilde: *Transportvaneundersøgelsen 2011-2015*

Det ses således, at der er væsentlige forskelle. Generelt er transportarbejdet mindst for beboere i de større byer. Det er dog ikke kun det totale transportarbejde, men også fordelingen mellem transportmidler, som varierer mellem kommunerne. F.eks. er der et større forbrug af kollektiv transport i de større byer, og der rejses mindre i bil. Dette skyldes mange forhold; bl.a. forskelle i trafikudbud, forskellig sammensætning af beboere, generel nærhed til aktiviteter og måske forskellige præferencer. Det er vanskeligt at isolere, hvad der især er udslagsgivende.

Figur 3.7 Km pr. person pr. dag med bus og tog, kommuneopdelt



Kilde: Transportvaneundersøgelsen 2011-2015

For at vurdere effekten af den ændrede bosætning på trafik- og transportarbejdet ser vi nu på en alt-andet-lige beregning af trafik- og transportarbejdet for situationen, hvor de fremtidige beboere i en given kommune har samme adfærd, som beboerne har i dag. Beregningen foretages på samme vis som for den ændrede alderssammensætning, og vi korrigerer derfor for den generelle befolkningsvækst. Dermed får vi følgende effekt på trafikarbejdet set i forhold til 2015.¹¹⁾

Tabel 3.3 Effekten på transportarbejdet af en ændret befolkningsfordeling på kommuner

	% -vis ændring i forhold til 2015	
	2030	2040
Samlet trafikarbejde (som bilfører)	-1,5%	-2,0%
Kollektiv trafik	1,8%	2,4%
Cykel og gang	2,3%	3,0%

Anmærkning: Tabellen viser effekten på transportarbejdet af flytningen mellem kommuner i fremtiden under den forudsætning at beboerne hver kommune har det samme transportmønster som i 2011-2015.

Det ses i tabel 3.3, at den samlede effekt på trafikarbejdet i bil af den ændrede bosætning mellem kommunerne giver anledning til et mindre fald på 1,5% til 2030 og 2,0% til 2040. Faldet skyldes, at beboere i de største byer gennemsnitligt har et lidt lavere trafikarbejde i bil end i de mindre byer.

Det ses desuden, at cykel og gang stiger med 2,3% til 2030 og 3,0% til 2040, og at kollektiv trafik stiger med hhv. 1,8% og 2,4%. Dette følger tilsvarende af, at beboere i de større byer benytter cykel og gang og kollektiv transport mere end gennemsnitligt; blandt andet fordi turene i de større byer i gennemsnitlig er kortere, ligesom udbuddet af kollektiv transport er højere. Det kan dog også skyldes en forskellig alders- og øvrig socio-

økonomisk sammensætning af befolkningen i kommunerne eller anderledes præferencer for valg af transportmiddel.

Det er værd at bemærke, at denne beregning ikke tager højde for, om en forandret bopælssætning også påvirker eksempelvis pendlingsmønstre og fritidsrejser generelt, ligesom der ikke er set på, om eventuelle tilflyttere medtager en transportadfærd. Det er her antaget, at de tilpasser sig den transportadfærd, som de aktuelle beboere i kommunen har. Der er heller ikke taget højde for, om der sker en generel forbedring af infrastrukturen, som kan flytte på transportmiddelvalget, f.eks. Timemodellen på togområdet eller udbygning af kollektiv trafik i byer med metro eller letbaner.

3.4 Globalisering – øget international arbejdsdeling

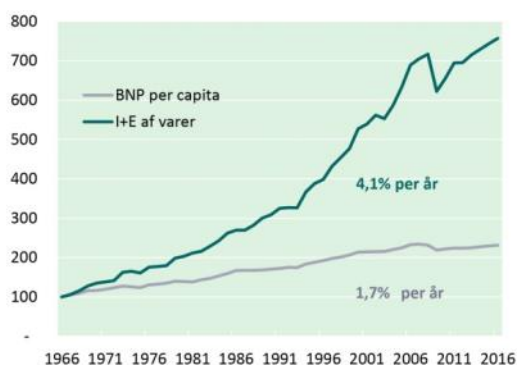
Uanset om man henregner globaliseringens begyndelse helt tilbage til opdagelsesrejserne i 1400-tallet, industrialiseringen i 1800-tallet eller frihandelsaftalerne efter anden verdenskrig, har innovationer i transportsektoren spillet en afgørende rolle, ligesom globaliseringen omvendt har betydet en voldsom vækst i den internationale transport, og særligt godstransport. Globaliseringen, herunder den tættere integration i Europa, har skabt økonomisk vækst gennem store produktivitetstigninger. Den centrale faktor bag væksten har været større markeder, som har muliggjort

- specialisering og udnyttelse af komparative fordele,
- skalafordele i produktionen,
- større afkast af investering i teknologi,
- skærpet konkurrence mellem virksomhederne og
- øget vidensudveksling på tværs af lande og kulturer, som også har virket som drivere for nytænkning og innovation.

Billig godstransport og effektiv logistik har været afgørende katalysatorer for de større markeder, og introduktionen af standardiserede containere i 1960'erne har været en vigtig brik. Samlet set har det betydet en dramatisk vækst i den internationale godstransport, interkontinentalt med skib og intraeuropæisk fortrinsvist med lastbil.

Tal fra nationalregnskabsstatistikken viser, at import plus eksport af varer til og fra Danmark er vokset med en faktor $7\frac{1}{2}$ over 50 år¹²⁾, hvilket er mere end dobbelt så meget som bruttonationalproduktet (BNP). Det skal dog bemærkes, at væksten i godstransporten formentlig er vokset mindre end varehandlen, fordi værdiintensiteten per ton er steget over tiden. Import og eksport af varer udgør i dag 63% af BNP mod 23% i 1966.

Figur 3.8 Realvækst i BNP og udenrigsvarehandel 1966 – 2016



Kilde: Danmarks Statistiks befolkningsfremskrivninger (Statistikbanken)

På europæisk plan har udviklingen betydet, at lastbiltrafikken optager en betydelig del af kapaciteten på Europavejene. Større samhandel har også betydet mere international persontransport, særligt med fly. Spørgsmålet er, om intensivering af samhandel og integration af produktionen på tværs af lande og kontinenter, og dermed den stærke vækst i godstrafikken over lange distancer, vil fortsætte fremover.

En del af den øgede samhandel og arbejdsdeling har været drevet af lønforskelle mellem landene, som har ført til ud-

flytning af arbejdsintensive, industrielle produktionsprocesser. Automatiseringens indtog i industrien, hvor robotter over de sidste 25 år har overtaget en stadig større andel af arbejdsprocesserne i mange virksomheder, har medført, at produktionen er blevet langt arbejdskraftintensiv, særligt hvad angår ufaglært arbejdskraft. Hvis industriproduktionen bliver mere eller mindre fuldt automatiseret, vil fordelene ved udflytning til lavtløns-lande blive mindre, og adgangen til højt kvalificeret arbejdskraft veje tungere. Det har ført til overvejelser om, hvorvidt udviklingen fremover snarere vil være domineret af en modsatrettet tendens til 'indflytning' for i stedet at udnytte fordelene ved produktionens nærhed til markedet.

Mod denne 'omvendte globalisering' taler de ovennævnte fordele ved store, globale markeder, og at høje økonomiske vækstrater i folkerige asiatiske lande, og måske fremover også i Afrika, vil skabe en større global balance i den samlede efterspørgsel efter industrielt fremstillede varer, som derfor under alle omstændigheder skal distribueres globalt.

3.5 Transportsystemet – stigende hastigheder, men måske ikke fremover

Behovet for transport udspringer af, hvor og hvornår vi går på arbejde, køber ind, besøger venner og familie, dyrker fritidsaktiviteter osv. i forhold til, hvor vi bor. Men transportomfanget afhænger også af, hvad det koster og hvor nemt det er at komme omkring. Gennem historien har staten planlagt og investeret i udbygning af transportsystemet. Det har ikke kun øget kapaciteten, men også opgraderet hastigheden på vej- og tognettet. Sammen med den teknologiske udvikling af biler, tog og fly har det bevirket, at vi har kunnet rejse og fragte gods stadig hurtigere, sikrere og mere komfortabelt.

Denne løbende forbedring af rejsehastigheden på tværs af transportformer og tur-længder har været den ene afgørende faktor for, at vi rejser længere. Den anden har været, at indkomstvækst har givet os bedre råd til at rejse. Disse to faktorer blandes imidlertid ofte sammen, så indkomstens isolerede effekt på transportefterspørgslen i nogle sammenhænge har været overvurderet, da forbedringen af infrastrukturen som tidligere beskrevet jo også er en følge af højere indkomst i samfundet, jf. afsnit 2.1.

Transportsystemets har således resulteret i højere mobilitet, hvilket også har også påvirket bosætningsmønstret, fordi man har kunnet bosætte sig længere fra sin arbejdsplads. Det har været medvirkende til udflytningen fra de større byers centre til forstæderne i anden halvdel af 1900-tallet. En del af den sparede rejsetid, som følger af højere rejsehastigheder, er blevet "vekslet" til længere rejser. Gennemsnitshastigheden på turen mellem hjem og arbejde er steget fra 5,5 km/t i 1911 over 11 km/t i 1945 til 44 km/t i 2002, mens den gennemsnitlige pendlingstid gennem hundrede år har været nogenlunde konstant på ca. 20 minutter hver vej¹³).

Der er ikke tvivl om, at investeringer i infrastruktur og teknologisk udvikling af køretøjer, tog og fly set over lang tid har øget mobiliteten gennem hurtigere og mere komfortable rejser. Selv om det kan være svært at måle, har det medvirket meget væsentligt til trafikvæksten.

Løbende udbygning af transportsystemet

Allerede omkring 1850, lang tid før bilens indtog, havde Danmark et ganske finmasket hovedlandevejsnet.

I 1847 åbnedes landets den første jernbanetrækning mellem København og Roskilde, og frem til første verdenskrig investeredes der i en storstilet udbygning af jernbanenettet. Toget gav en markant forøgelse af mobiliteten på længere afstande.

Efter 1. verdenskrig tog bilen gradvist over. Frem til 1940 blev størstedelen af landevejsnettet asfalteret og bundet sammen af broer.

I 1954 begyndte etableringen af motorvejsnettet, og omfartsveje etableredes for at afhjælpe flaskehalse, som den gennemkørende trafik skabte i byerne.

Baseret på S.E. Jørgensen "Fra chaussé til motorvej", 2001.

Det seneste årti er trængsel dog for alvor kommet på dagsordenen som et samfundsproblem i Danmark. Forskellige opgørelser af trængslen indikerer også, at trængslen samlet set er steget¹⁴⁾, og at rejsehastigheden på vejnettet mange steder er faldet over de seneste 10-15 år. Så selv om der generelt fortsat er sket forbedringer og udvidelser af vejkapaciteten, har øget trængsel i de tættest befolkede områder betydet, at mange her snarere har oplevet faldende mobilitet. På jernbanenettet bliver der investeret betydeligt i disse år, men det har endnu ikke udmøntet sig i forbedringer for passagererne.

I lyset af forventningerne til fortsat øget transportefterspørgsel vil det fremtidige investeringsniveau og graden af regulering af transportefterspørgslen i spidsbelastningsperioderne være afgørende for, om øget trængsel vil sænke rejsehastigheden yderligere i de kommende år.

3.6 Livsstil- og holdningsændringer påvirker transportadfærden

Som beskrevet ovenfor er trafikken steget støt gennem tiden. Væksten har i høj grad været drevet af indkomst- og befolkningsstigninger, løbende forbedringer af infrastruktur og transportmidler samt globaliseringens større internationale samhandel. I det 21. århundrede har en række højindkomstlande imidlertid oplevet, at væksten i biltrafikvæksten er ophørt eller ligefrem afløst af et fald, hvis man justerer for befolkningsudviklingen. Tendensen har været mest udpræget i Storbritannien¹⁵⁾ men har også kunnet konstateres i USA, Frankrig, Tyskland, Australien, Sverige m.fl., men knap så udtalt i Danmark.

Blandt forskere og i den offentlige debat har det givet anledning til diskussioner om, hvorvidt fremtidens trafikomfang og behovet for infrastrukturinvesteringer ikke længere kan baseres på udviklingen i de ovennævnte faktorer. Hypoteserne har været forskelligartede; fra urbaniseringen og øget trængsel som de mere konventionelle til ændringer i livsstil og holdninger til bilejerskab blandt de yngre generationer. Særligt det sidste ligger til grund for begrebet om 'peak-car', som er et begreb, der dækker over et permanent trendbrud, hvor biltrafikken og bilejerskab har toppet og fremover vil falde.

I udlandet har man set en tendens til udskydelse af kørekortserhvervelse og bilhold blandt de yngre aldersgrupper. Såfremt det er en permanent effekt, som også gælder eller måske endda forstærkes for de efterfølgende årgange, kan det på sigt give anledning til en væsentlig ændring i bilhold og bilbrug.

En anden hyppigt fremført forklaring på udskydelsen af kørekortserhvervelse og bilhold er den markante udvikling inden for *informationsteknologi* med ikke mindst udbredelsen af internettet og smartphonen især blandt de unge. Et

gennemgående argument er, at kommunikationsteknologi med større båndbredde kan substituere en del af behovet for at mødes fysisk og dermed også for transport. *Modargumentet* er, at dette ikke er et nyt fænomen: Forbedret kommunikationsteknologi har også tidligere påvirket transportbehovet, og denne effekt er dermed implicit 'modregnet' i den samlede trafikvækst, vi har oplevet.

Det kan også være urbaniseringen, der spiller en rolle i den ændrede biltrafikadfærd blandt unge. Urbaniseringen drives nemlig i høj grad af, at de unge flytter til byen, blandt andet for at uddanne sig. Det gør de i højere grad i dag. Når en større andel af de unge bor i byerne har de mindre behov for bil, og

Figur 3.9 Personkm pr. indbygger 1970-2016



med flere under uddannelse har de måske først senere råd til bil. Derudover ramte finanskrisen også de unge hårdt i form af højere ungdomsarbejdsløshed. Derfor har færre i disse generationer haft råd til at have bil og mindre behov for den til og fra arbejde.

I Danmark har de oven for beskrevne tendenser bag 'peak-car' diskussionen som nævnt været svagere, men en udfladning af kurven for det samlede transportarbejde pr. person som bilfører har kunnet konstateres. De svagere tendenser har blandt andet været tillagt vores lavere bilejerskab, som i høj grad skyldes de høje bilafgifter. Dette gør, at vi formodentlig er længere fra et eventuelt mætningspunkt. Afgiftslempelserne for brændstoføkonomiske biler i 2007 og i de efterfølgende år har således også bidraget til et stigende bilhold i Danmark, også under finanskrisen.

Hvis hypotesen om et permanent trendskift i bilejerskab og -brug gælder for Danmark burde tendensen først slå igennem for de unge generationer i byerne, hvor de alternative transportmuligheder er bedst. Tal fra TU for de 18-29-årige indikerer ikke et faldende bilbrug for disse aldersgrupper (se Appendix 3.A). Kørekortandel, bilhold og transportarbejde ser ud til at ligge nogenlunde konstant i perioden 2007-2016 på tværs af bystørrelser, hvis man ser bort fra udsvingene, som beror på stikprøvestørrelsen.

Når man skal vurdere, om trafikvæksten kan forventes at fortsætte i fremtiden på samme vis, er det afgørende, om den observerede afmatning i brugen af bil pr. indbygger kan forklares af de klassiske økonomiske forklaringsfaktorer som indkomst- og prisudvikling, som vi også tidligere har set på. Den økonomiske lavkonjunktur efter finanskrisen i 2008, det efterfølgende opsving samt de kraftige udsving i olieprisen i samme periode bør i så fald samvariere med udviklingen i trafikken. Et tværnationalt studie¹⁶⁾ har undersøgt denne sammenhæng for Storbritannien, USA, Frankrig, Tyskland, Sverige og Australien med statistiske metoder. Studiet konkluderer, at variationen i bruttonationalproduktet pr. indbygger og brændstofprisen tilsammen kan forklare langt det meste af udviklingen i bilkørslen pr. indbygger i disse lande siden 1980, og at faldet siden år 2000 også kan forklares med bemærkelsesværdig præcision. Samtidig konstateres det dog også, at effekten fra BNP pr. indbygger er blevet svagere over tiden, hvilket bør tages i betragtning i fremskrivninger.

Det er dog vigtigt at understrege, at studiets konklusioner ikke strider mod observationerne i de pågældende lande af ændret rejseadfærd hos visse befolkningsgrupper, herunder de unge (se også beskrivelsen af Generation 'Y' i kapitel 5). Men disse ændringer giver dog ikke grundlag for at forvente, at indkomstvækst (og brændstofpriser) ikke også i fremtiden vil være en væsentlig driver for vækst i biltrafikken.

*"Aggregate trends and the trends of individual groups are different degrees of resolution; it is like the difference between looking at waves and looking at the tide. The driving pattern in different socioeconomic groups, the waves, may evolve differently over time. Some of these changes may cancel each other out, while others do not. Obviously, there have been very large changes in society and the preconditions for car traveling in all decades during the entire post-war era: new youth culture, increased female labor participation, forming of families later in life, older people becoming healthier and wealthier, higher shares of university education, urbanization and ICT. Some of these changes are reflected in (or caused by) changes in GDP, while some are not. Our analysis, just like any aggregate analysis, simply suggests that general variables such as GDP per capita and fuel price tend to pull the sum of all these trends in a specific direction, just as the moon pulls an unruly sea in a specific direction. For example, it is likely that the increase in car driving among the elderly had been even larger had not the fuel price increased so much in the last decade; and it is likely that economic downturn and high fuel prices amplified the trend among young people to postpone getting driver's licenses and cars."*¹⁷⁾

3.7 Trafikomfang og trængsel i fremtiden

De foregående afsnit har beskrevet en række generelle samfundstendenser, som historisk har påvirket trafikvæksten og forventes også at gøre det i fremtiden. I dette afsnit fremskrives transportefterspørgsel og trafik til 2030 med udgangspunkt i den forventede udvikling af disse samfundstendenser. Til dette benyttes Landstrafikmodellen (LTM) med en antagelse om, at infrastrukturen og transportudbuddet i øvrigt ser ud som dagens kendte situation med tilføjelse af de ændringer og forbedringer, som allerede er igangsat eller vedtaget. Der lægges således antagelser om eksempelvis økonomisk vækst og befolkningsvækst ind sammen konsekvenserne for trafikudbuddet af allerede vedtagne infrastrukturforbedringer. Beskrivelsen af trafikken i 2030 sammenlignes med 2015.

Trafikken og transportarbejdet forventes at stige betydeligt frem til 2030. Den samlede basisfremskrivning, som fremgår af tabel 3.4, viser, at der vil være omkring 16% mere personbiltrafik i 2030 i forhold til 2015. Til sammenligning vil der være omkring 17% mere kollektiv trafik (passagerkm). Dette skyldes væsentlige forudsatte forbedringer i den kollektive transport, bl.a. Timemodellen, letbaner i Aarhus, Odense og langs Ring 3 i Hovedstadsområdet, samt udvidelsen af Københavns metro. Trængslen forventes dog at stige væsentligt mere. Den tid, som biler kører i trængsel, forventes at stige med knap 66%. Godstransporten stiger også, og på vej (i km) forventes den at stige med knap 12%.

Tabel 3.4 Stigningen i trafikarbejdet, hele Danmark

	Stigning 2015-2030
<i>I bil som fører</i>	
Trafikarbejde (km)	16%
Trængsel køretid	66%
<i>Som passager</i>	
Transportarbejde (km) i bil	-0,5%
Transportarbejde (km) i kollektiv transport	17%
<i>Gods</i>	
Vejtransport (km)	12%

Væksten i trafikken og i trængslen er dog langt fra jævnt fordelt over landet. Dette skyldes især forventningerne til den ændrede bosætning, men også til forskellen i udviklingen i infrastrukturen og transportudbuddet såvel som andre forskelle.

Derfor behandles det samlede fremtidsbillede nu også opdelt på syv geografisk opdeltede transportmarkeder, som er afgrænset ud fra to trafikale faktorer (de syv geografiske transportmarkeder danner udgangspunkt for den senere opdeling i fire forskellige geografier i kapitel 7):

- Trængslens betydning i forhold til mobilitet og fremkommelighed;
- Den kollektive transports rolle i forhold til transportsystemets kapacitet og mobilitet for alle.

De syv transportmarkeder er:

A) Internt i centrum af de 4 største byer

Her beskrives persontrafik- og -transportarbejdet internt i centrum af de fire største byer i Danmark: København, Århus, Odense og Aalborg. Områderne er karakteriserede ved at have en høj befolkningstæthed og tæt trafik, så trængsel er et stort og væsent-

ligt problem. Kollektiv transport og cykel udgør vigtige dele af transportsystemets samlede kapacitet. Da pladsen generelt er meget knap udgør arealer til parkering en særlig udfordring. Den knappe plads betyder også, at skinnebåren transport – eller nye BRT koncepter – fremover også har en rolle på grund af den meget bedre pladsudnyttelse. Derudover gælder, at samspillet mellem by- og trafikplanlægning har stor betydning for bykvaliteten. Karakteristikken gælder i særlig grad for København og aftager med bystørrelsen. I disse fire største byer med høj befolkningstæthed har delebiler, samkørsel og Mobility-as-a-Service har et stort potentiale, jf. kapitel 5. Trafikkens konsekvenser afhænger på afgørende vis af balancen mellem transportformerne; dette gælder allerede i dag, men vil blive forstærket i fremtiden, hvor vækst i befolkning og indkomst samt urbanisering forventes at ville øge efterspørgslen markant. Da vi ser på intern trafik udgøres det i høj grad af beboerne selv samt af deres efterspørgsel, men også af tilreisende, som benytter byernes udbud af eksempelvis arbejdspladser, erhverv, butikker og kultur.

B) Trafik i udkanten af og forstæderne til de større byer:

Her beskrives persontrafik- og -transportarbejdet internt i forstadsområderne til de fire største byer. I disse forstadsområder er pladsen ikke et væsentligt problem, men der er problemer i de lokale centre og på overordnede veje mht. eksempelvis parkering og trængsel. Forstædernes karakter af at være pendlingsopland til de større byer såvel som i visse områder industri kvarterer og andre arbejdspladser i forhold til de større byer gør, at den kollektive trafik til og fra byen er vigtig, og attraktiv tilbringer- og frabrin- gertrafik til den højklassede kollektive bytrafik (primært arbejdsstedsrejser) spiller en rolle. Der kan være et potentiale for samkørsel, MaaS og (autonome) BRT-linjer for rejser mellem forstæderne.

C) Trafik mellem forstæder og bycentre (radialerne):

Her beskrives det persontrafik- og -transportarbejde som finder sted mellem de fire største byers centre og deres forstæder. Trafikken udgøres i høj grad af pendling, men også af trafik efter bycentrenes kvaliteter og udbud.

D) Intern trafik i mellemstore byer:

Her beskrives den persontrafik og -transport, som foregår internt i de mellemstore byer. I dette område er pladsen kun moderat udfordret i lokaltrafikken eller i forhold til parkering. Biltrafikken er dominerende, men cykling og lokale busruter kan spille en vis rolle. Nye koncepter for delebiler og samkørsel kan have et vist potentiale, men afstandene og trafikmængderne kan være for små til, at kommercielle forretningsmodeller kan udfoldes. Grænsen for de mellemstore byer sættes her til 15.000 indbyggere.

E) Lokaltrafik i Mindre byer og landområder:

Her beskrives persontrafik- og -transportarbejdet i de mindre byer og landområder. I dette område foregår den største del af det samlede transportarbejde med bil, og trængslen er ikke et problem i dag, ligesom det heller ikke forventes at blive det fremover. Den kollektive transports rolle er først og fremmest at være en offentlig serviceforpligtelse til at levere mobilitet for alle. Dette er en forpligtelse, som i de tyndtbefolkede landområder bliver stadig mere udfordret økonomisk. Nye forretningsmodeller for samkørsel kan være et økonomisk attraktivt alternativt til den meget løntunge offentlige serviceforpligtelse i dagens kollektive transport.

F) Trafik mellem byer

Her beskrives persontrafik- og -transportarbejdet mellem store og mellemstore byer. Dette er byer, som er forbundet med motorvejsnettet eller større statsveje samt ho-

vedbanenettet. Trafiktætheden på dette vejnet er mange steder høj og giver anledning til væsentlig trængsel i spidsbelastningsperioder. På disse strækninger er trafikken vokset mest i de foregående år, og den forventes også at stige væsentligt her fremover. Trafikken her er blandt andet karakteriseret ved mange lange ture. Det er derfor også på dette overordnede vejnet, at gevinsterne ved selvkørende privatbiler kommer først. Samtidigt er det dog også her, at togtrafikken har en konkurrencefordel, da den på disse strækninger kan opretholde en høj hastighed og høj komfort. Togtrafikken kan (og bliver allerede) dog også her udfordret af samkørsel og fjernbusser.

Området dækker trafik mellem de største og mellemstore byer, inklusiv deres forstæder.

G) Øvrig national fjerntrafik

Her beskrives den persontrafik- og -transportarbejde, der finder sted mellem mindre byer og landområder og resten af landet. For denne trafik er bilen stort set det eneste alternativ, selvom der findes en vis offentlig serviceforpligtelse (patientbefordring, børn til specialundervisning, etc.), som også er forholdsvis omkostningstung. For længere rejser kan samkørsel tænkes at have et potentiale. Området dækker al øvrig persontrafik og -transport i Danmark.

Den ovenstående opdeling A) – G) er som nævnt valgt ud fra kriterier om trængsel og rollen for kollektiv transport. Områderne er langt fra lige store hverken transport, trafik, areal eller befolkningsmæssigt.

Tabel 3.5 Trafikarbejdet - bil som fører

		Stigning 2015-2030	Andel af samlet trafikarbejde		Andel af befolkning
		Ændring	2015	2030	2015
A	Centrum 4 største byer	47%	2%	2%	16%
B	Forstæderne, 4 største byer	16%	11%	11%	25%
C	Mellem centrum og forstæder	29%	5%	6%	
D	Mellemstore byer	7%	4%	4%	19%
E	Land og mindre byer	-0,1%	15%	13%	40%
F	Mellem byer	26%	11%	12%	
G	Øvrig	17%	52%	53%	
Hele Danmark		16%	100%	100%	100,0%

Det fremgår af tabel 3.5, at biltrafikken forventes at stige mest i de største byer. Området udgør dog kun en lille del af den samlede trafik; især når man ser i forhold til befolkningens størrelse i området. Inkluderer forstæder og trafikken mellem centrene og forstæderne ses også en væsentlig stigning, ligesom andelen af trafikarbejdet udgør en del mere. Stigningen i de største byer er i høj grad et resultat af den forventede større stigning i befolkningen. Trafik mellem de større byer og den øvrige fjerntrafik udgør en stor del af trafikarbejdet og forventes at vokse meget fremover. Den store andel af transportarbejdet er blandt andet en konsekvens af generelt lange ture. En stor del af disse ture ender også i de største byer, så dermed bliver den andel af trafikarbejdet, som finder sted i og nær de største byer, større. På landet og i de mindre byer forventes stort set uændret trafik, og i de mellemstore byer ses en stigning, som er markant mindre end den gennemsnitlige. Dette skyldes i høj grad, at der forventes en lavere vækst – eller ligefrem et fald – i befolkningen i disse områder.

Tabel 3.6 viser, hvordan trængslen fordeles sig på områderne, og hvor meget den vil vokse frem mod 2030. Tabellens tre første søjler viser trængslen for alle passagerer i bilen og altså den samlede tid, som bruges på trængsel. Fjerde søjle viser, hvor meget ekstra tid man bruger pr. tur (pr. bil) i hvert af områderne.

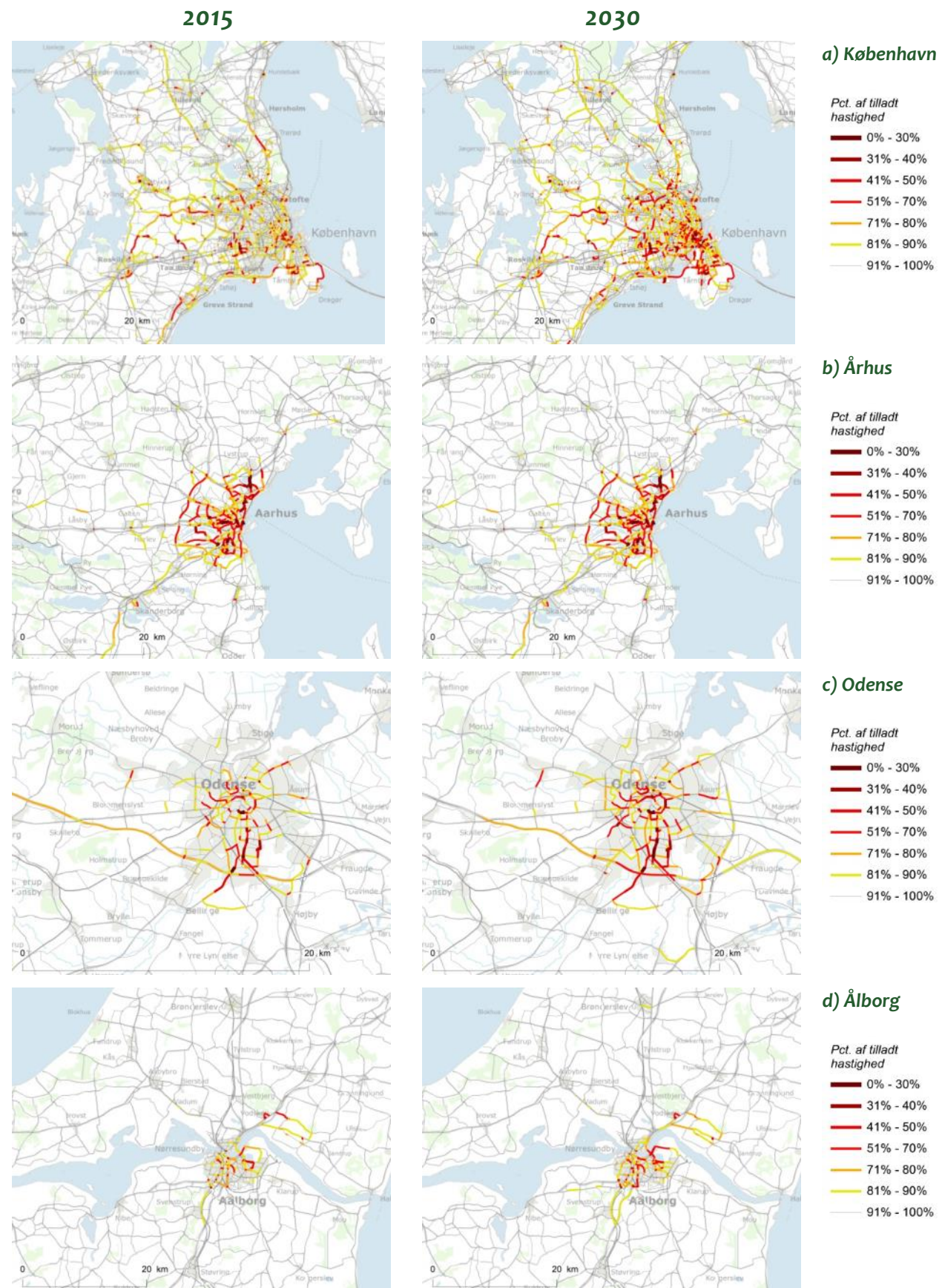
Tabel 3.6 Tid i trængsel – bil

		Stigning 2015-2030	Andel af samlet trængsel i DK		Ekstra tid pr. tur
		Tid i alt	Tid i alt		Fører
		Fører + passagerer	2015	2030	2015
A	Centrum 4 største byer	149%	8%	13%	19%
B	Forstæderne, 4 største byer	65%	26%	26%	14%
C	Mellem centrum og forstæder	101%	16%	21%	18%
D	Mellemstore byer	9%	10%	7%	10%
E	Land og mindre byer	8%	3%	2%	1%
F	Mellem byer	54%	8%	7%	7%
G	Øvrig	34%	30%	25%	5%
Hele Danmark		61%	100%	100%	8%

De største byer og deres forstæder står for en meget markant del af trængslen, især set i forhold til områdernes trafikmængder, og at denne del forventes at stige voldsomt i de kommende år. Samtidig forventes trængslen for de lange fjernrejser også at stige meget, ligesom de udgør en stor del af trafikken. En del af rejserne ender også i de største byer, hvorved deres andel af trængslen bliver endnu større. I de største byer og forstæderne medfører trængsel ekstra rejsetid på knap 20%, mens det kun er knap 8% for den gennemsnitlige tur i Danmark.

Ovenstående beskrivelse af trængslen er ud fra et gennemsnit for al kørsel. Trængsel er dog ikke jævnt fordelt geografisk og over døgnet. Nedenstående kort 3.4 og 3.5 illustrerer, hvordan trængslen ser ud i spidsbelastningsperioden i eftermiddagstimerne i 2015 og i 2030.

Figur 3.10 Trængsel i de 4 største byer, eftermiddag 2015 og 2030

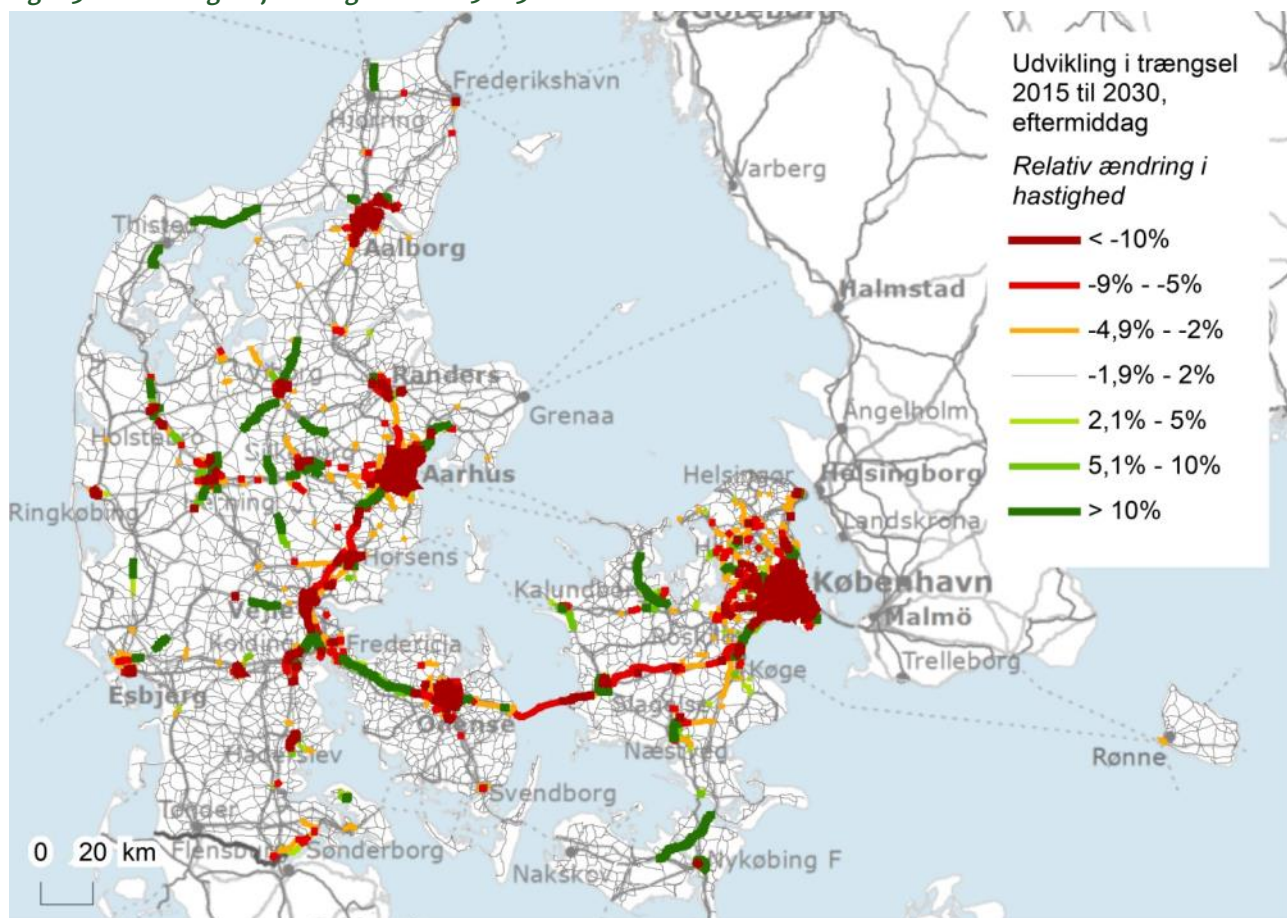


Kilde: DTU

For vejstrækningerne opgøres den aktuelle hastighed (modelleret) i forhold til den lovlig hastighed (fartgrænsen). Det er tydeligt at se, hvordan trængsel observeres i og nær bycentre, og at den for de største byer, og København i særdeleshed, spredte sig længere ud. Samtidig er centrale motorvejsstrækninger også belastet af trængsel.

Figur 3.11 nedenfor illustrerer, hvordan trængslen forventes at udvikle sig. For vejstrækningerne er opgjort den faktiske hastighed (modelleret) i 2030 som andel af den tilsvarende hastighed i 2015 på samme strækning. De røde og gule streger er strækninger, som forventes at opleve faldende hastigheder. Det ses, at trængsel forventes at blive forværret mest i de større byer og på de centrale motorvejsstrækninger, hvor trængslen også i dag er størst. Samtidig vil gradvist flere og større områder også blive ramt af trængsel.

Figur 3.11 Udvikling i rejsehastigheden 2015-2030



Kilde: DTU

Anm.: Se appendix 3B for detaljer om de 4 største byer

I ovenstående er der set på biltrafikken. Nedenstående tabel 3.7 viser, hvordan den kollektive trafik fordeler sig mellem områderne, og hvordan det forventes at udvikle sig.

Tabel 3.7 Transportarbejde - kollektiv trafik

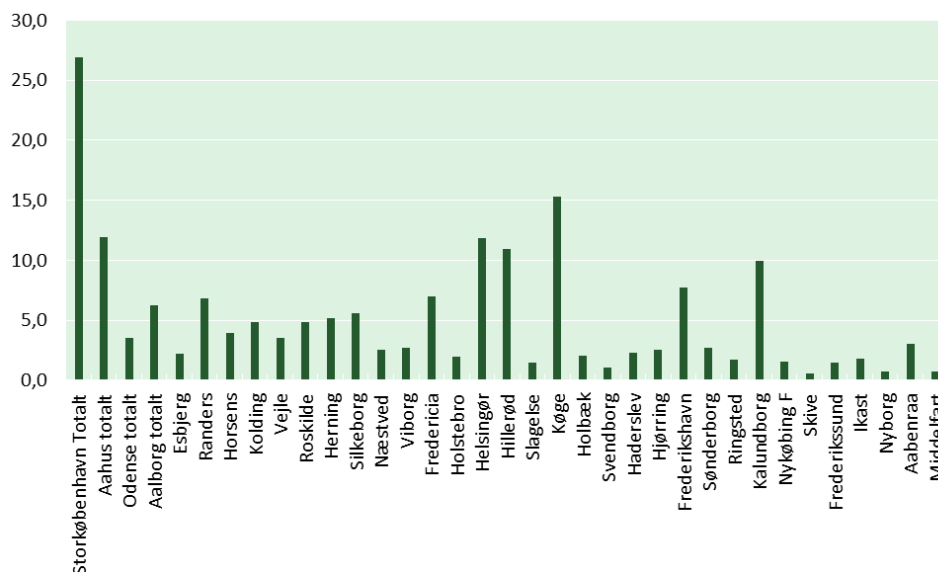
		Stigning 2015-2030	Andel af kollektiv transport		Markedsandel i området
		ændring	I alt i DK		Af transport- arbejdet
			2015	2030	2015
A	Centrum 4 største byer	46%	8%	10%	37%
B	Forstæderne, 4 største byer	-2%	6%	5%	9%
C	Mellem centrum og forstæder	16%	16%	15%	34%
D	Mellemstore byer	-13%	1%	1%	4%
E	Land og mindre byer	-24%	5%	3%	5%
F	Mellem byer	37%	28%	33%	31%
G	Øvrig	5%	36%	33%	11%
Hele Danmark		17%	100%	100%	15%

Det ses af tabellen, at også med hensyn til den kollektive transport forventes den største vækst i de største byer, hvilket ikke mindst er en følge af den højere befolkningsvækst. Dette sker dog fra en markant højere andel af det samlede transportarbejde. Også trafikken mellem byer og øvrig fjerntrafik, som jo ofte er lange rejser, udgør nu en markant del af transportarbejdet. I fjerde søjle vises markedsandelen for den kollektive transport i forhold til det samlede transportarbejde i et givent område. Denne andel udgør omkring en tredjedel i de største byer, for rejserne mellem forstæderne og centrum, og for de lange rejser mellem byer. For intern trafik i forstæderne er andelen nede på 9%, og den er kun omkring 5% for intern trafik i de mellemstore byer og på landet.

Hvis man opdeler de fire største byer viser det sig også, at der er stor forskel på markedsandelen. København (inkl Frederiksberg) har en andel på 40%, mens Århus C har 17%, Aalborg C har 3% og Odense C er helt nede på 0,4%. Det er også København, der vil opleve den største stigning i kollektiv transport nemlig 48%, mens stigningen bliver 13% i Århus, 4% i Aalborg og 5% i Odense. Forskellene hænger formentlig sammen med, at trængslen er større i København, og at centrum er mindre for andre tre byer, så cyklen bliver konkurrencedygtig for en større andel af de interne ture.

Sammenhængen mellem markedsandel og bystørrelse kan også illustreres ved at ordne store og mellemstore byer efter befolkningsstørrelse. Af figur 3.9 fremgår, at der også i de øvrige byer er en relativt klar sammenhæng mellem befolkningsstørrelse og markedsandel i kollektiv transport med Helsingør, Hillerød, Køge, Frederikshavn og Kalundborg som de væsentligste afvigelser. For de fire største byer markedsandelen angivet inklusiv forstæderne.

Figur 3.12 Markedsandel for kollektiv transport. Rangordnet efter bystørrelse



Tabel 3.8 viser, hvordan cykeltrafikken fordeler sig og forventes at udvikle sig.

Tabel 3.8 Transportarbejde - cykel

		Stigning 2015-2030	Andel af cykeltransport i alt i DK		Markedsandel i området af transportarbejdet
		Ændring	2015	2030	2015
A	Centrum 4 største byer	18%	14%	17%	15%
B	Forstæderne, 4 største byer	4%	19%	20%	6%
C	Mellem centrum og forstæder	5%	9%	10%	5%
D	Mellemstore byer	-4%	13%	13%	12%
E	Land og mindre byer	-11%	32%	29%	8%
F	Mellem byer	-6%	0,4%	0,4%	0,1%
G	Øvrig	-7%	12%	11%	1%
Hele Danmark		-1%	100%	100%	3%

Cyklen har den største markedsandel på korte ture, som er mest udbredt i de største byer og dernæst generelt i byer. For de lange rejser mellem byer og for fjerntrafik generelt er markedsandelen nær nul.

INDSIGTER

- Øget velstand og befolkningsvækst vil øge transportefterspørgslen. Sammen med urbaniseringen vil det føre til markant mere trængsel, særligt i og omkring de største byer.
- En fremskrivning til 2030 indikerer en samlet vækst i den indenlandske personbiltrafik på ca. 16% i f.t. 2015, mens væksten for vejgodstrafikken forventes at blive lidt mindre med ca. 12%.
- De forøgede trafikmængder skaber øget kapacitetspres på vejnettet. Trængslen stiger i samme periode med to tredjedele, altså langt mere end trafikvæksten.
- Der vil være store geografiske variationer i stigningen i trafik og trængsel. Væksten bliver størst i og omkring de største byer, hvor trængselsproblemerne i forvejen er størst, samt på de i forvejen mest trafikerede dele af det overordnede vejnet mellem de større byer. De mest trafikerede dele af banenettet vil også opleve kapacitetspres.
- Stigningerne kan først og fremmest tilskrives en voksende befolkning og økonomisk vækst. De geografiske forskelle hænger i høj grad sammen med fortsat urbanisering. Befolkningen forventes at vokse mest i de største byer og vil falde i udkantsområderne til trods for den generelle befolkningsvækst i landet som helhed. Ændringer i befolkningens alderssammensætning vil derimod kun i mindre grad påvirke billedet.

3.8 Klimaudfordringens konsekvenser for transportsektoren

Danmark har tilsluttet sig EU's mål om at reducere drivhusgasudledningerne i 2050 med 80-95 pct. i forhold til 1990, og regeringen har et mål om, at Danmark skal være uafhængig af fossile brændsler - ligeledes i 2050. Som led i opfyldelsen af dette langsigtede mål bliver en af transportsektorens største udfordringer fremover at reducere dens store bidrag til klimagasudslippet. Energisektoren for alvor er i gang med en omstilling til vedvarende energi og har opnået store energieffektiviseringer. Transportsektoren bruger fortsat næsten udelukkende fossil energi¹⁸⁾, og energieffektiviseringer er blevet mere end opvejet af trafikvækst og tungere biler. CO₂-udslippet fra vejtrafikken har derfor været støt stigende og toppede i 2007, lige før finanskrisen, på 32% over 1990-niveauet¹⁹⁾. I dag står transportsektoren for ca. en fjerdedel af Danmarks samlede klimagasudledninger, og andelen er stigende, i takt med at udledningerne fra energisektoren falder.

Danmarks reduktionsforpligtelse i f. t. EU's 2030-mål

Under Paris-aftalen fra COP21 fra 2015 har EU forpligtet sig til reduktioner, der svarer til allerede vedtagne EU-mål for 2030. Men landenes udmeldte CO₂-reduktioner vil formentlig skulle skærpes yderligere for at nå 2-graders målsætningen. I udmøntningen af EU's 2030-mål skal Danmark reducere udslippene fra de sektorer, der ikke er omfattet af EU's kvotehandelssystem, med 39% i forhold til 2005-niveauet.

Energistyrelsens Basisfremskrivning²⁰⁾ viser, at Danmark med allerede implementerede og vedtagne tiltag og løbende energieffektiviseringer og bidrag fra øget kulstofoptag i landbrugsjord, skove og vådområder vil kunne opnå ca. 34%-point af de 39% reduktion. Det vil sige, at der skal indføres nye politiske tiltag, som reducerer klimagasudslippet med yderligere 5%-point i forhold til 2005.

I Energistyrelsens basisfremskrivning²¹⁾ forventes transportens samlede udslip at ligge på nogenlunde uændret absolut niveau i 2030 selv med en forventning om betydelig energieffektivisering og indfasning af elbiler efter 2025 til ca. 18% af nybilsalget og 4% af bilparken i 2030. Derfor mener nogle, at det er nødvendigt at reducere omfanget af biltransport, hvis transportsektoren skal bidrage til den reduktion af CO₂-udslippet, der skal til for, at Danmarks reduktionsmål kan nås i 2030. Andre mener udfordringen kan håndteres gennem energieffektiviseringer og omstilling til vedvarende energi. Under alle omstændigheder bør de politiske tiltag, der besluttet frem mod 2030, ses i sammenhæng med transportens langsigtede omstilling fra fossile brændstoffer til vedvarende energi.

Transportsektorens omstilling til vedvarende energi (VE)

For at indfri klimalovens målsætning om et lavemissionssamfund i 2050, skal transportens udledninger stort set være elimineret til den tid. Selvom der er godt 30 år til 2050, kan påbegyndelse af omstillingen af transporten næppe udskydes mange år endnu:

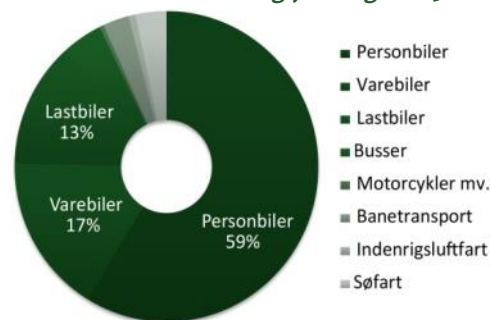
- Omkostningerne ved en forceret omstilling af transportsektoren til vedvarende energi vil formodentlig være meget store, og en så omfattende omstilling bør derfor ske over en længere årrække.
- Dette skyldes blandt andet, at en bil i gennemsnit holder ca. 15 år. Hvis der bliver solgt mange benzin- og dieslbiler efter 2035, bliver vi nødt til at skrotte eller reeksportere mange ellers velfungerende biler (hvis det til den tid overhovedet er muligt).
- Endelig har Danmark en stor reduktionsforpligtelse i ikke-kvotesektoren i forhold til EU's 2030-mål (jf. ovenstående boks), og denne bør opfyldes på en måde, der fremmer den langsigtede omstilling.

Nedbringelse af transportsektorens klimagas-udslip handler i store træk om vejtransporten, som står for ca. 93% af den samlede transportsektors energiforbrug. Selv hvis man så bort fra fremtidig vækst i vejtrafikken, betyder dette, at hverken overflytning til bus og tog eller optimistiske vurderinger af potentialet for højere energieffektivitet kan føre til de markante reduktioner, der kræves for at nå en samlet 80-95% reduktion, end-sige uafhængighed, af fossile brændstoffer. Det vil kræve en næsten fuld udfasning af benzin og diesel.

Personbiler

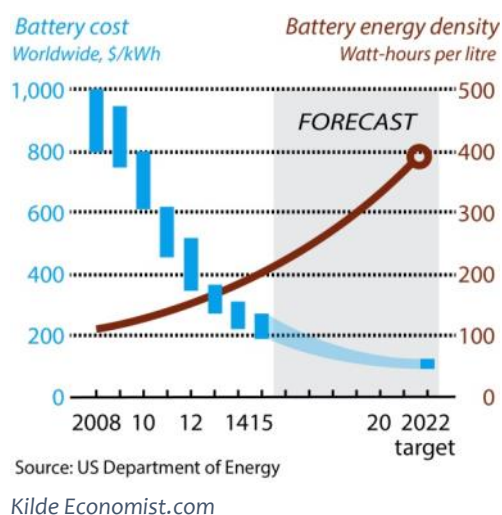
Personbiltransporten alene udgør 59% af transportsektorens energiforbrug. Der tegner sig i dag tre teknologiske muligheder for omstilling af personbilerne til nul-udslipbiler, hvor el-biler generelt betragtes som det aktuelt mest realistiske bud. Danmarks elforsyning skal ligeledes på sigt være fuldt ud baseret på vedvarende energi. Med allerede vedtagne udbygningsplaner for vindenergi og biomasse forventes VE-andelen i elforbruget at være nået op 70% i 2030²²⁾. Alternativerne er brint produceret fra vedvarende energi eller biobrændstoffer. Brintbiler kan enten have en speciel forbrændingsmotor eller en elmotor og en brændselscelle, der først omdanner brinten til el. Brintbiler er i dag meget dyre, men teknologien er stadig umoden og kan have et potentiale på sigt.

Figur 3.13 Transportformernes andele af sektorens samlede energiforbrug i 2015



Kilde: ENS Basisfremskrivning 2017

Figur 3.13 Batterier, omkostninger og energitæthed



Biobrændstoffer har den fordel, at de kan benyttes i konventionelle forbrændingsmotorer med mindre tilpasninger. Her rejses dog tvivl om bæredygtigheden i situationen, hvor de skal dække en betydelig del af det globale energiforbrug til transport.

Den aktuelt væsentligste barriere for elbiler er prisen på batterier, som i dag gør elbiler dyrere end benzin- og dieslbiler. Prisen per kWh lagringskapacitet er dog faldet markant, ca. 75% siden 2010,²³⁾ og forventes at falde yderligere fremover. De fleste store bilproducenter er på vej med et bredt sortiment af elbiler og elhybridbiler i løbet af de næste 1-2 år, og den generelle forventning er, at elbilen vil være prismæssigt konkurrencedygtig i løbet af de næste ti år²⁴⁾. Skærpede krav til bilernes udledning af partikler og andre helbredsskadelige stoffer er også en driver for udviklingen af elbiler, som jo ikke forurener lokalt. Hvor hurtigt elbilerne for alvor vinder indpas på markedet, afhænger blandt andet af afgiftsstrukturen og anden politisk regulering.

Øvrige transportformer

Varebilers vægt og kørselsmønster gør, at man kan forvente en elektrificering på samme vis som for personbiler, om end det formentlig vil ske senere. For den tunge vejgodstransport er batteriernes energilagringskapacitet fortsat et problem for de lange ture. Lastbilproducenterne, herunder Daimler og Tesla²⁵⁾, er dog i gang med forsøg på at udvikle konkurrencedygtige lastbiler på batteridrift. For tunge lastbiler ser Klimarådet²⁶⁾ et potentiale for biogas produceret fra gyllen som restprodukt fra Danmarks store svineproduktion. Internationalt forskes og testes også muligheden for eldrift via køreledninger eller induktion fra vejspoler på det overordnede vejnet suppleret med batteridrift til den første og sidste del (first and last mile) af de lange ture.

Af transportsektorens samlede indenlandske energiforbrug udgør tog, fly og søfart kun henholdsvis 2%, 4% og 1% af, og bidraget til det samlede CO₂-udslip er derfor meget beskedent. Togdriften planlægges elektrificeret på de væsentlige strækninger, og færgedriften kan formentlig ligeledes i vid udstrækning elektrificeres, eksempelvis er Helsingør-Helsingborg overfarten under elektrificering²⁷⁾. Den hurtige udvikling af batteriteknologien giver billigere batterier, der fylder og vejer mindre. Batteritog er allerede teknologisk mulige. Inden for få år vil eksisterende diesel og elektriske togsæt kunne ombygges til delvis batteridrift, fordi batterierne da fylder så lidt, at det både er teknisk og økonomisk attraktivt. Batteritog vil kunne oplades, mens de kører på hovedstrækninger, ved stationsophold, og når de vender, hvorefter de kan køre på batteridrift på de dele af nettet, der ikke har kørestrøm. Danmark er et af de lande i Europa, hvor jernbanelinjenettet er mindst elektrificeret, så teknologien er særligt interessant her. Batteridrevne færges er i dag også teknologisk muligt og er allerede i drift både for små og store færges. I forhold til CO₂-udledning og partikelforurening giver det store fordele.

Ligesom for import og eksport af varer med skib tæller flyrejser til og fra udlandet ikke med i Danmark klimaregnskab i forhold til de internationale forpligtelser. CO₂-udslippet fra udenrigsflytrafikken svarer imidlertid til næsten 25% af transportens indenlandske udslip og er stærkt stigende også globalt. Flyproducenterne eksperimenterer med biobrændstoffer til fly, men bæredygtige løsninger er endnu ikke på plads.

INDSIGTER

- Danmarks langsigtede klimamålsætninger kan realistisk set kun nås, hvis vejtransporten i det store hele vil være baseret på nuludslipsskøretøjer i 2050. Det vil sandsynligvis forudsætte, at nye personbiler er CO₂-frie allerede fra ca. 2035 og for lastbiler 5-10 år senere. Dette er muligt med el-biler, som forventes at blive konkurrencedygtige inden for de kommende ti år, og muligvis tidligere, hvis de fortsat fremmes politisk.
- Hvis omstillingen af bilerne til vedvarende energi mod forventning viser sig at gøre bilkørsel dyrere, kan det dæmpe væksten i transportefterspørgslen. Prisforskellen mellem elbiler og biler med forbrændingsmotorer er dog allerede i dag begrænset, og da den må forventes at falde yderligere i de kommende år, vurderes efterspørgselseffekten at være beskeden i forhold til usikkerheden generelt.
- Batteridrift kan på 5-10 års sigt vise sig som et økonomisk mere fordelagtigt alternativ for regional- og sidebaner, som bør undersøges nærmere før eventuelle beslutninger om yderligere elektrificering af banenettet. Batteridrevne tog er i dag teknisk muligt og inden for få år forventes eksisterende diesel elektriske togsæt kunne ombygges til delvis batteridrift.
- Klimalovens 2050-mål om et lavemissionssamfund uafhængigt af fossil energi kan ikke nås alene ved bedre brændstoføkonomi og overflytning til mere energieffektive transportformer som kollektiv transport og cykel og gang. Det kræver omfattende omstilling af transporten til vedvarende energi (VE).
- Nye teknologiers gradvise indtrængningsforløb i nybilmarkedet og bilernes lange levetid gør, at indfasningen af VE-drevne biler må begynde længe før 2050-målet, hvis fuld uafhængighed af fossile brændstoffer skal nås.
- Batteridrevne elbiler, der oplades med VE-baseret strøm, forventes at være den bærende teknologi i omstillingen. Det vil også give mindre støj og bedre luftkvalitet i byerne. Brint og andre syntetiske brændstoffer produceret på vedvarende energi er ikke modne teknologier i dag, men de kan muligvis på længere sigt vise sig som økonomisk bæredygtige alternativer.
- Den væsentligste barriere for udbredelse af elbiler er prisen på batterier. Prisen er faldet markant i de senere år og forventes at falde yderligere fremover, så elbilen kan være økonomisk konkurrencedygtig i løbet af de næste ca. ti år. Det kræver også, at ladeinfrastrukturen udbygges i takt med indfasningen af elbilerne.
- Med den nuværende afgiftsstruktur vil provenuet fra afgifter på bilejerskab og -kørsel reduceres med udbredelsen af elbiler, fordi elbiler har meget højere energieffektivitet end benzin- og dieslbiler.
- Omstilling af den øvrige indenlandske transport til vedvarende energi forventes også at være teknologisk muligt uden væsentligt forøgede samfundsøkonomiske omkostninger. International luftfart og søfart har imidlertid stor og voksende betydning for det globale udslip, og udvikling af bæredygtige alternativer til fossile brændstoffer er på disse områder fortsat en udfordring.

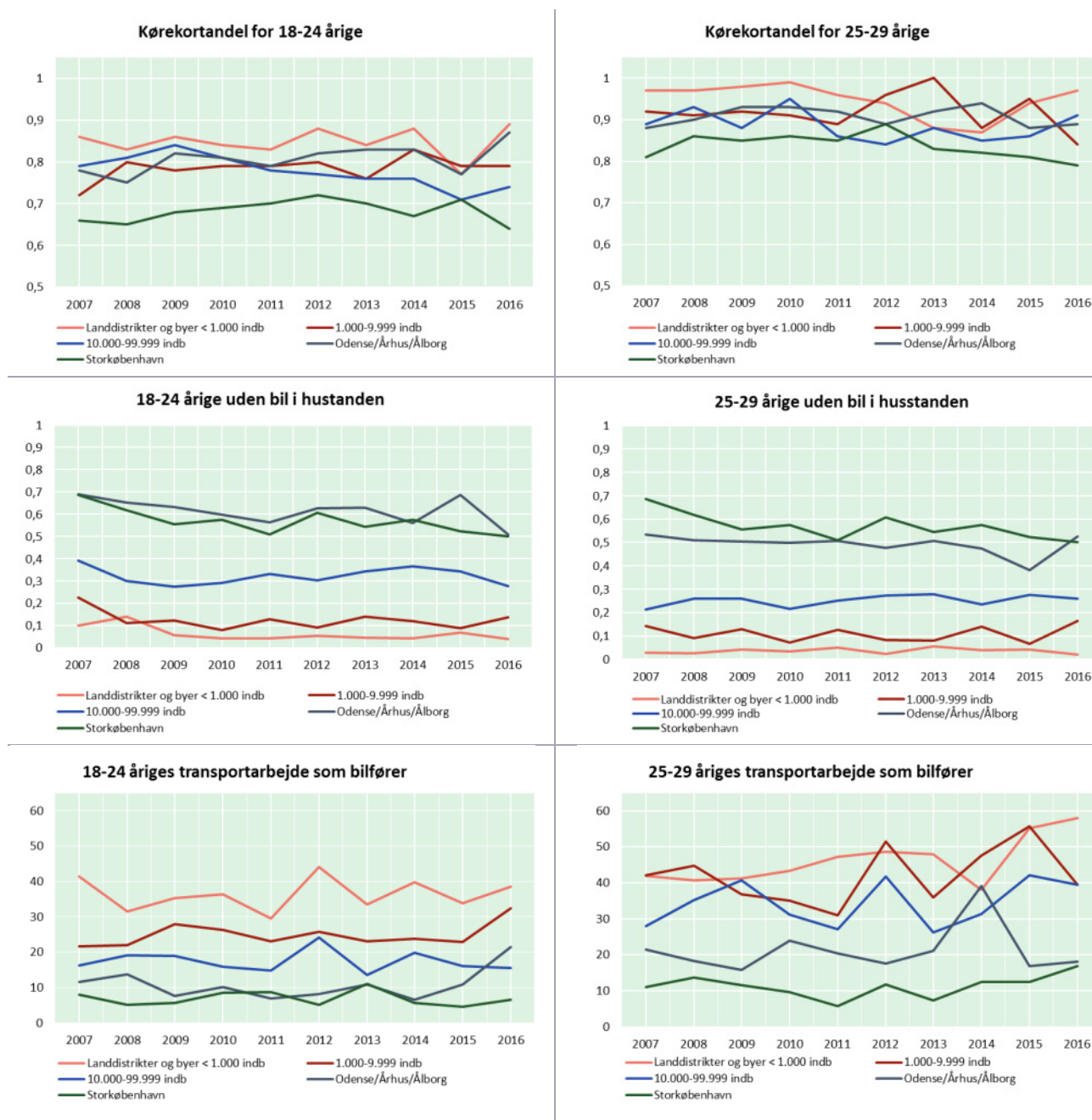
Appendix 3.A De unges kørekorthold, bilejerskab og bilkørsel

Figurene nedenfor viser årlige udtræk fra Transportvaneundersøgelserne siden 2007 opdelt på 18-24- og 25-29-årige:

- Andelen af unge med kørekort
- Andelen af unge, der bor i en husstand uden bil (bilejerskab)
- Transportarbejdet per dag som bilfører.

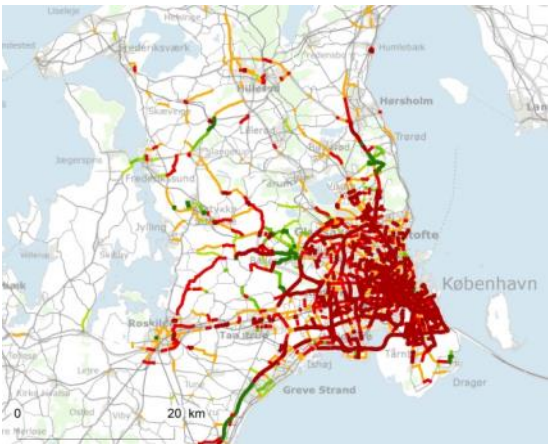
Tallene er ligeledes opdelt på bystørrelse, da der er stor forskel afhængigt af urbaniseringsgraden. Det skyldes blandt andet, at befolkningstætheden har betydning for både kvaliteten af den kollektive transport og for, hvor langt man har behov for at transportere sig.

De årlige udsving i tallene skyldes statistisk usikkerhed, fordi den relativt finmaskede opdeling af befolkningen giver relativt få observationer.

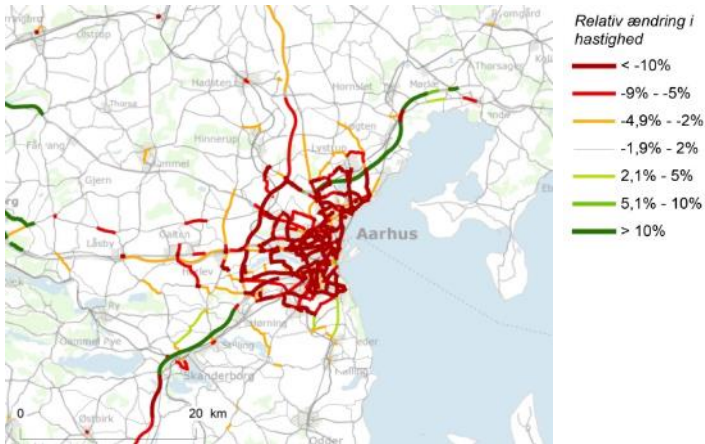


Appendix 3.B Udvikling i rejsehastigheden 2015-2030

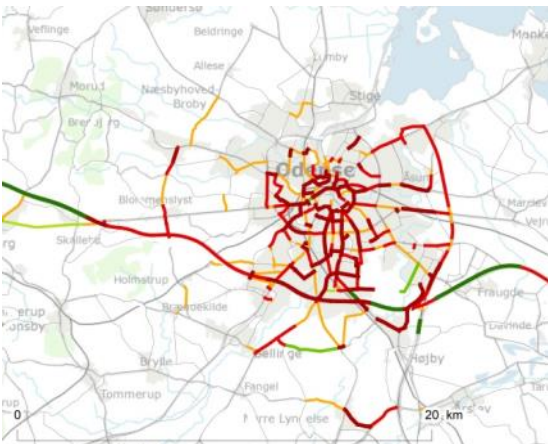
København



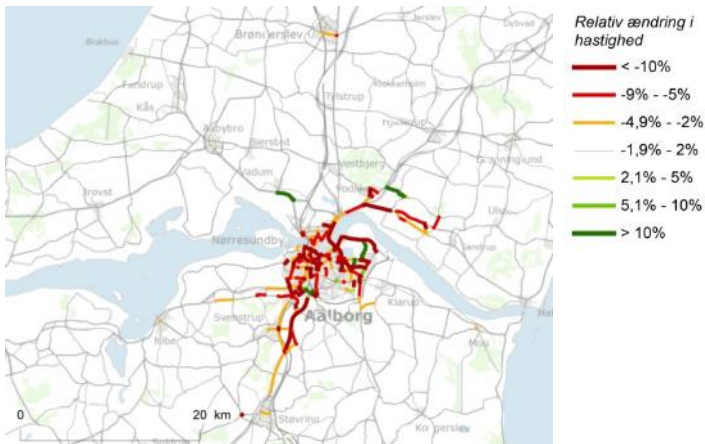
Århus



Odense

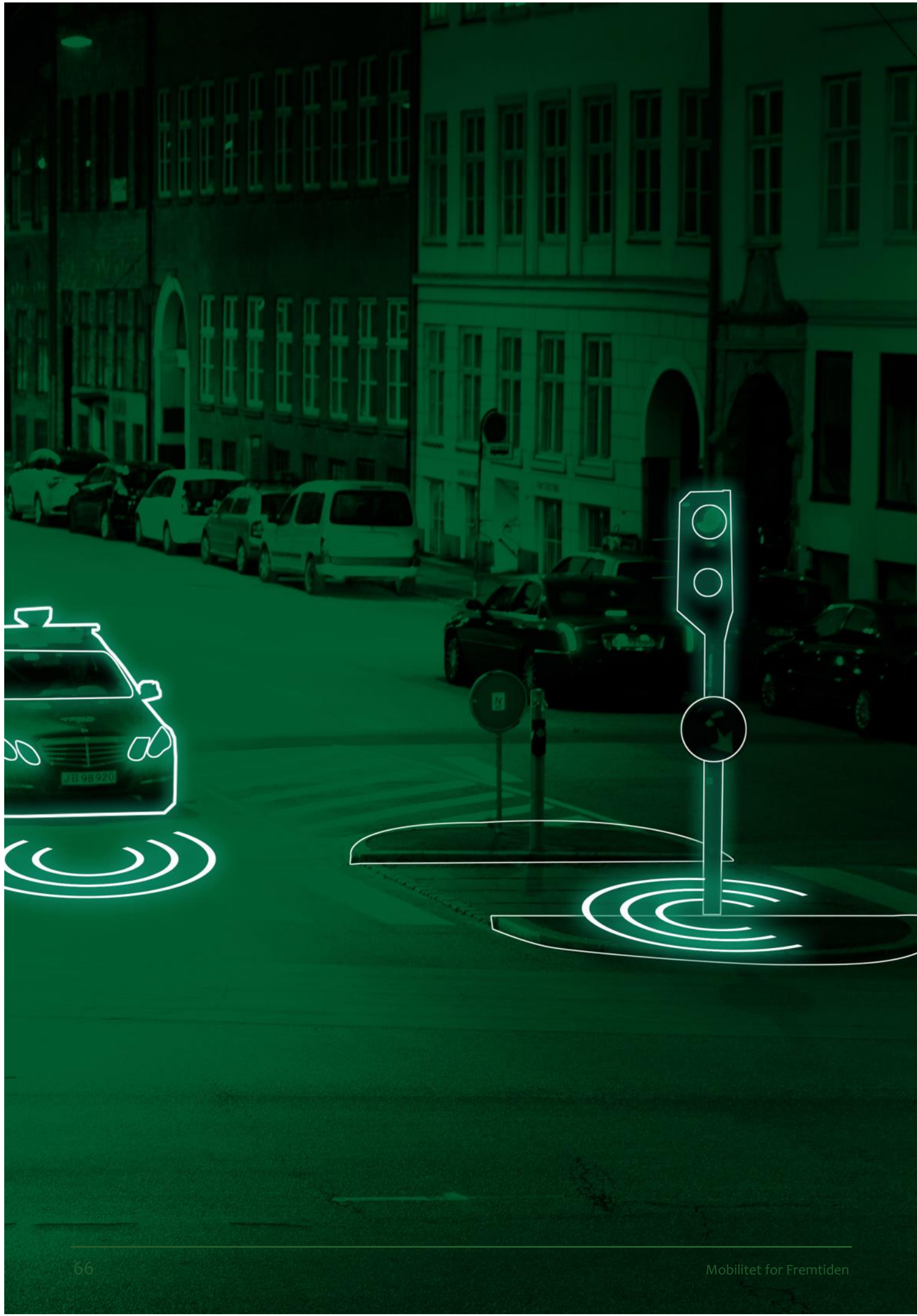


Ålborg



Kilde: DTU





4 Digitalisering

Digitaliseringen af samfundet vil fortsætte og dette gælder også i transportsektoren. I de to følgende kapitler behandles to store områder: Digitale platforme, der skaber mulighed for nye forretningsmodeller, og automatisering, der på sigt kan gøre bilerne selvkørende. I dette kapitel vil vi dykke ned i tre andre digitaliseringsområder, som bl.a. muliggør bedre kapacitetsudnyttelse, skaber mere sikker transport og giver nemmere adgang til data. De første to afsnit om Signalregulering og trafikledelse og om forbundne køretøjer (connected vehicles) er specifikt om vejtransport. Digitaliseringen af bane-transporten er tæt knyttet til den allerede iværksatte opgradering af signalsystemet, og behandles ikke nærmere her. Det sidste afsnit om Dataadgang omhandler transportsystemet i bred forstand.

4.1 Signalregulering og trafikledelse

Signalregulering, som er operationel styring af trafikken, og trafikledelse, som er taktisk planlægning og styring af trafikken, er velkendte discipliner til at optimere fremkommelighed på vejene.

Digitalisering medfører imidlertid forbedringspotentialer på en række yderligere områder. I dette afsnit fokuseres specifikt på otte potentielle anvendelser af ny teknologi. De nævnte anvendelser betegnes nogle steder 'Smart Mobility' og næves ofte som en del af 'Smart Cities'-tanken. F.eks. indgår Smart Mobility som Fokusområde 5 'Offentlige data som vækstdriver' i Den fællesoffentlige digitaliseringsstrategi 2016-2020.

De forventede gevinster og omkostninger ved at anvende teknologierne er anført i det omfang, de kan anslås. Tiltagene 1 og 3 er analyseret af Vejdirektoratet i en rapport fra 2012²⁸⁾ 29).

1) Udstyre utidssvarende trafiksignalanlæg med nutidig teknologi

I ovennævnte rapport vurderede Vejdirektoratet, at mere end 200 af landets i alt knap 3.000 signalanlæg har en styringsform, hvor de virker med faste tidsstyrede signalprogrammer, uden at de er samordnet med naboanlægget³⁰⁾. Anlæggene styres med faste grøntider uden påvirkning fra trafikmængderne. Dette er en styringsform, som Vejreglerne ikke længere tillader i Danmark ved nyanlæg og ved større ombygninger. Siden 2012 har en række kommuner investeret i nyt signalmateriel og arbejdet med at optimere samordningen mellem trafiksignalerne. Der er behov for et nyt overblik over, hvilke strækninger eller korridorer (evt. på tværs af kommunegrænser), hvor en forbedret samordning af signaler vil have en stor effekt.

Mobilitet	Mindre forbedring
Trafikomfang og trængsel:	Mindre forbedring af trængsel
Kapacitet:	Muliggør bedre trafikafvikling
Geografi:	Hovedstadsområdet + Større byer (Anlæggene findes især i forstadsområder og i bycentre)
Tidsperspektiv:	Nu
Økonomi:	Omkostninger til ombygning af disse forældede signalanlæg til moderne trafikstyring afhænger af de aktuelle forhold på stedet, herunder alderen og kvaliteten af styreapparatet. I VD-rapport 411 'Bedre trafiksignaler' er omkostningen pr. signalanlæg vurderet til 200-300.000 kr.
Investerings værdi:	I forhold til de beskudne investeringer er effekten stor.
Omgivelserne:	Mindre støj fra opbremsning/acceleration. Mindre energiforbrug og emissioner.

2) Trafikteknisk optimering og overvågning af ikke-samordnede anlæg

Forbedringerne kan være:

- Justering af grøntider og omløbstid
- Indførelse af svingfaser for mere svingkapacitet
- Justering af tidspunkter for programskifte
- Ændring af den maksimalt mulige grøntid i trafikstyrede kryds
- Afkortning af cykelfaser for mere kapacitet for højresvingende køretøjer
- Flere detektorer i signalanlæggene for mere forfinet trafikstyring
- Trafikregistrering for automatisk valg af signalprogram
- Udeladelse af grønt for fodgængere og cyklister, når der ikke er nogen.

Mobilitet	Mindre forbedring (kapacitetsforøgelsen kan have en afledt, marginal efterspørgelseffekt)
Trafikomfang og trængsel:	Kan ofte give en kraftig forbedring af den samlede lokale trængsel i spidsperioder. Tiltaget kan tilgodese alle trafikantkategorier, da perioder med overflødig grønt kan reduceres
Kapacitet:	Forøger kapaciteten for trafikstrømme med en høj trafikbelastning
Geografi:	Hovedstadsområdet + Større byer
Tidsperspektiv:	Nu
Økonomi:	Mange af de nævnte tiltag kan udføres inden for en ramme af 10.000-50.000 kr., givet at signalerne er tidssvarende, og er derfor en yderst billig foranstaltning til forbedring af fremkommeligheden. Den samfundsøkonomiske forrentning vil ofte være meget høj sammenlignet med øvrige infrastrukturinvesteringer. En førsteårs-forrentning på mere end 40 kr. pr. investeret krone er ikke urealistisk for ikke-optimerede signaler. Omkostningerne til et trafikteknisk tilsyn, udførelse af signaltekniske ændringer samt dokumentation er vurderet til 50.000 kr. pr. signalanlæg.
Investerings værdi:	I forhold til de beskudne investeringer er effekten meget stor. Den samlede nationale effekt af dette tiltag kan ikke opgøres.
Omgivelserne:	Mindre støj fra opbremsning/acceleration Mindre energiforbrug og emissioner, jf. 'Beskrivelse'

3) Justering af samordning eller etablering af samordning mellem anlæg

Signalkæder er strækninger med samordnede signalanlæg, der kører i en indbyrdes afstemt takt med hinanden, for at skabe en grøn bølge. Undersøgelser har vist, at disse signalkæder, dvs. ofte kan indstilles bedre, så antallet af stop og dermed forsinkelsen og brændstofforbruget reduceres. Knap halvdelen af landets signalanlæg er samordnede. Erfaringer gmed modelkørsler inden for de sidste 20-30 år viser, at der ofte er man-

ge ressourcer at spare i signalsamordninger ved blot at ændre på signalernes skiftetakt i forhold til naboanlægget. I Vejdirektoratets rapport ”Bedre trafiksignaler”³¹⁾ blev det vurderet, at 70% af det samlede forbedringspotentiale for signalanlæg kunne hentes alene ved at justere signalsamordninger.

Eksempel på gevinst fra signalsamordning

I en signalsamordning på en strækning mellem to signalanlæg med en gennemsnitlig døgntrafik på 35.000 køretøjer, var signalprogrammet for dagtrafikken uden for myldretiden forkert indstillet, så der i stedet for en grøn bølge var en rød bølge i de to retninger. En sådan fejl vil det tage få minutter at rette. En grov beregning viser, at fejlindstillingen gav anledning til et ekstra brændstofforbrug i de to signalanlæg på skønsmæssigt 1,6 mio. kr. pr. år. Hertil kommer de samfundsmæssige omkostninger til overflødig ventetid, som er ca. 4 gange større.

Samlet set bliver den ekstra brændstofomkostning til stop og acceleration for et helt kryds eller en hel strækning til et ganske anseligt beløb. En reduktion af overflødige stop og unødvendig ventetid medfører samtidig en bedre fremkommelighed og mindre trængsel.

Mobilitet	Forbedret. Rejsetiden nedsættes på gennemgående strækninger med signalanlæg
Trafikomfang og trængsel:	Fremkommeligheden forbedres, men forbedringen vil i et mindre omfang blive opvejet af overflyttet trafik fra andre ruter
Kapacitet:	Muliggør bedre trafikafvikling for gennemkørende køretøjer – også uden at tværgående biltrafik, gående og cyklister nødvendigvis får forringet deres fremkommelighed
Geografi:	Hovedstadsområdet + Større byer
Tidsperspektiv:	Nu
Økonomi:	Omkostninger til tilsyn og justering af en signalsamordning vurderes til 20.000 kr. pr. signalanlæg.
Investeringsværdi:	I forhold til de beskudte investeringer er effekten meget stor
Omgivelserne:	Mindre støj fra opbremsning/acceleration Mindre energiforbrug og emissioner, jf. 'Beskrivelse'

4) Regulering af tilkørende trafik til motorveje (rampedosering):

På motorveje med høj trafikbelastning kan man regulere den tilkørende trafik for at bevare en høj fremkommelighed på motorvejen. En optimal tilgang er at regulere den tilkørende trafik ved hjælp af et lyssignal, hvorved én eller nogle få køretøjer ad gangen tillades at køre ind på motorvejen. Dette kan foregå som illustreret på figur 4.1 eller ved brug af eksisterende lyssignaler på de krydsende veje, som ofte udgør tilkørsler. Et sådant system begrænser eller udjævner trafikintensiteten i den tilkørende trafikstrøm og introducerer dermed en forsinkelse for den tilkørende trafik på typisk 1-5 minutter. Til gengæld kan motorvejstrafikken holdes mere flydende, fordi trafikintensiteten ikke kommer op på et kritisk niveau³²⁾. Udover at trafikken derved holdes i gang, vil det give en kapacitetsforøgelse på motorvejen på 1-3% ifølge hollandske evalueringer af doseringsanlægs effekt³³⁾.

Figur 4.1 Eksempel på 2-sporet rampedoseringsanlæg i Holland. Tavlen til højre viser 'En bil pr. grøn', dvs. her to biler ad gangen, én fra hvert af de to spor.



Det eneste danske rampedoseringsanlæg var i drift på Helsingørmotorvejen fra 1992 til 1996. Der er således ikke aktuelle erfaringer med anvendelse af rampedosering i Danmark, og der vil således være behov for at gennemføre nærmere analyser, før der kan tages stilling til, om og i givet fald hvor der skal igangsættes pilotforsøg.

Udenlandske erfaringer med rampedosering

En mere radikal effekt sås, da man efter borgerklager forsøgsvist slukkede i 8 uger for 433 rampedoseringsanlæg i Minneapolis-St. Paul-området, for at vurdere deres effekt. Konklusionen var at kapaciteten faldt med 9%, rejsetiden steg med 22%, motorvejshastigheden faldt med 7% og antal uheld steg med 26%.

Systemer med rampedosering anvendes på ca. 3.000 motorvejtilkørsler verden over, heraf over 1.500 i USA alene. I det nære udland anvendes rampedosering i Sverige (6 stk.), i Tyskland (75+), Holland (50+) og i Storbritannien (100+).

Mobilitet:	Forbedret, da trængsel og rejsetidsvariabilitet vil mindskes for de som bruger den aktuelle motorvej.
Trafikomfang og trængsel:	Mindre reduktion af trængsel på motorvejen (jf. ovenstående beskrivelse af bl.a. amerikanske erfaringer), og afledt formentligt lidt øget trafikomfang
Kapacitet:	Muliggør bedre trafikafvikling for motorvejstrafikken. Tilkørende trafik ad rampen vil få en forringet kapacitet og fremkommelighed.
Geografi:	Hovedstadsområdet + Større byer + Mellem byer
Tidsperspektiv:	Nu
Økonomi:	Prisen for et rampedoseringsanlæg på en 1-sporet tilkørselsrampe vurderes til ca. 500.000 kr. Hvis doseringsanlægget skal etableres med et 2-sporet kø-magasin, skal rampen udvides til 2 spor på en kortere strækning, hvorved udgifterne bliver højere.
Investerings værdi:	I forhold til de beskedne investeringer har effekten været stor i udlandet, men der er ingen nyere danske erfaringer.
Omgivelserne:	Formentlig reduceret emission. Mindre emission fra motorvejstrafik, men mere emission fra rampetrafikken

5) Styring af trafiksignalanlæg ved hændelser i motorvejskorridorer

I mange af landets motorvejskorridorer findes der parallelruter med trafiksignaler. Parallelruterne udgøres ofte af lokale eller regionale veje. Disse ruter kan have en stor trafikbelastning, men ofte er der her en reservekapacitet, som kan udnyttes, når der sker en hændelse, eksempelvis uheld eller tabt gods, på motorvejen. Trafiksignalerne er imidlertid ikke indstillet til at håndtere den forøgede trafik, når en hændelse får flere til at benytte den alternative parallelrute. I en sådan situation vil en overordnet styring af trafikken i korridoren være et middel til at forbedre fremkommeligheden. Dette kræver, at der er etableret en organisation, der løbende overvåger trafikken i korridoren, og som har teknisk mulighed for og beføjelser til at iværksætte en ændret signalstyring med en højere kapacitet. P.t. findes et sådant system kun i E45-korridoren mellem Skanderborg og Aarhus Syd. Korridoren overvåges og styres fra Vejdirektoratets trafikcentral i København.

Vejdirektoratet har dog i 2014 registreret, at der alene på statsvejnettet samlet set skete 21.755 hændelser. 2776 af dem var uheld og 4977 var tabt gods. I disse situationer vil der ofte ske spærring af vognbaner, dels som følge af hændelsen, dels som følge af oprydningen efterfølgende. Vejdirektoratets seneste beregninger af de samfundsøkonomiske konsekvenser af hændelser på statsvejene i form af tidstab er fra 2013. Her blev det samlede tidstab for hændelser på statsveje opgjort til 500 mio. kr. ved hjælp af en metode, som estimerede tidstabet konservativt, fordi kun en del af hændelsernes konsekvenser for trafikken blev indregnet.

Vejdirektoratet har som et forstudie forsøgt at beregne sparet forsinkelsestid ved anvendelse af en optimeret omkørselsrute ved en enkelt konkret hændelse/uheld på Holbækmotorvejen i morgenmyldretiden, med og uden styringsmulighed. Et meget konservativt og forsigtigt bud er, at der ved én sådan hændelse ligger en besparelse på minimum 150.000 kr. i form af sparet forsinkelsestid. Der er ikke indregnet effekter af forbedret trafiksikkerhed eller miljømæssige effekter af de færre stop. Ved den konkrete hændelse og den udpegede parallelrute vil det overslagsmæssigt koste 750.000 kr. at etablere styringsmuligheden. Samfundsøkonomisk vil denne investering ”tjene” sig ind efter 5 hændelser, alene beregnet for sparet forsinkelsestid.

Mobilitet	Forbedret, da rejsetidsvariabilitet vil mindske for de, som bruger den aktuelle motorvej.
Trafikomfang og trængsel:	Uændret ud over ved hændelser.
Kapacitet:	Muliggør bedre trafikafvikling <i>for motorvejstrafikken – tilstødende veje kan få forringet fremkommelighed.</i>
Geografi:	Mellem byerne
Tidsperspektiv:	Nu
Økonomi:	Behovet for styring af trafik i korridorer er ikke kortlagt, lige som antallet af signalanlæg, som bør indgå i en sådan styring heller ikke er det. Enhedsomkostningerne afhænger i høj grad af, hvilken styreudrustning, der forefindes på hver enkelt lokalitet, herunder om signalanlægget allerede er tilknyttet et system for fjernovervågning. De samlede omkostninger til en bedre styring i korridorer kan derfor ikke umiddelbart opgøres.
Værdi af investeringen:	Potentiel stor værdi af investeringen
Omgivelserne:	Naboer til parallelruterne vil alt andet lige opleve større gener fra forventeligt mere trafik i perioder med hændelser på motorvejen i korridoren. Tiltaget vil reducere generne af den forøgede trafik, da trafikken bliver mere flydende.

6) Dynamisk optimering af trafik i korridorer ved hjælp af realtidstrafikdata

I forlængelse af ovennævnte styring af trafikken i korridorer kan realtidstrafikdata anvendes til at overvåge trafikken i korridorer eller i særligt miljøfølsomme områder som f.eks. tætbyområder. På denne måde kan man få en tidlig varsling, når trafikken opfører sig uregelmæssigt, hvilket kan udnyttes til at iværksætte f.eks. en ændret signalstyring. Det vil kræve en nærmere undersøgelse at kortlægge, hvordan realtidsdata kan anvendes til en bedre styring af signalanlæg i korridorer eller i netværk, og omkostningerne hertil er derfor ikke forsøgt opgjort.

Mobilitet	Uændret. Kan give kortvarige forringelser for den øvrige trafik.
Trafikomfang og trængsel	Uændret
Kapacitet	Muliggør bedre trafikafvikling <i>for motorvejstrafikken – tilstødende veje kan få forringet fremkommelighed.</i>
Geografi	Mellem byerne
Tidsperspektiv	2020-2025
Økonomi	Forventeligt samfundsøkonomisk favorabelt, men pt. ikke muligt at estimere nærmere. Bliver billigere (om end ikke nemmere) qua de mange nye datakilder.
Værdi af investeringen	Usikker
Omgivelserne	Uændret

7) Parkering

Som anført af Trængselskommissionen³⁴⁾ er parkering og styring heraf et vigtigt element af et effektivt transportsystem. Registrering af ledig kapacitet og kommunikation herom til bilisterne, ofte betegnet 'smart parking'-løsninger, kan lede trafikanterne hen til en ledig p-plads. Prissætning kan sikre balance mellem udbud og efterspørgsel i spidsbelastningsperioder, hvorved parkeringssøgende trafikanter kan finde frem til en ledig p-plads med mindre søgetid. Dette gjorde San Francisco med positive resultater, eksempelvis ved 30% oftere at ramme den ønskede belægningsgrad på 60-80%³⁵⁾, og har derfor i december 2017³⁶⁾ besluttet at udbrede denne tilgang med kvartalsvise, efterspørgselsafhængige prisjusteringer til hele byen. Det er endog muligt at anvende parkeringsstrategier til at regulere biltrafikkens samlede omfang³⁷⁾.

Mobilitet	Uændret
Trafikomfang og trængsel	Vil afhænge af hvordan parkeringstiltagene anvendes.
Kapacitet	Forbedrer match mellem P-udbud og P-behov, og optimerer derved kapacitetsudnyttelsen
Geografi	Hovedstadsområdet + Større byer
Tidsperspektiv	Nu
Økonomi	Usikker.
Værdi af investeringen	Forventeligt samfundsøkonomisk favorabelt i lyset af udenlandske erfaringer, men pt. ikke muligt at estimere nærmere.
Omgivelserne	Vil afhænge af hvordan parkeringstiltagene anvendes. Kan, afhængigt af dette, give mindre eller mere trafik, og frigive P-plads eller fylde den mere op.

8) Busfremkommelighed

Busser bevæger sig på det almindelige vejnet og er dermed også underlagt de samme udfordringer i forhold til trængsel og fremkommelighed, som kendetegner bil- og gods- trafikken. Ved hjælp af målrettede (digitale og fysiske) tiltag, der fokuserer på at øge

bussernes fremkommelighed, er der imidlertid potentiale for markant at forbedre bussernes køretid. En kortere rejsetid vil tiltrække flere passagerer og samtidig give mulighed for effektivisering af busdriften. Trængselskommissionen³⁸⁾ fremhævede dette, og efterfølgende er der gennemført en række tiltag for at øge busfremkommeligheden³⁹⁾. Der vurderes dog stadig at være gevinster at hente.

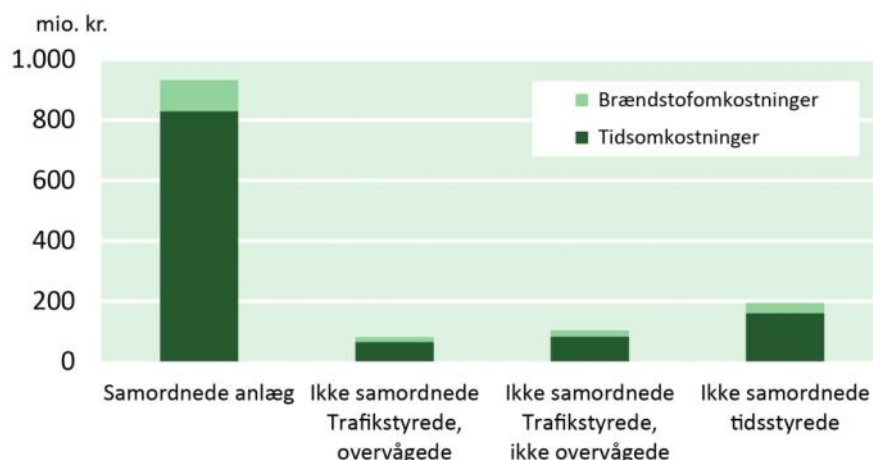
Mobilitet:	Forbedret for buspassagerer. Men kan forringes for øvrig trafik.
Trafikomfang og trængsel:	Kan give forøget trængsel for øvrig trafik, hvis tiltaget medfører reduceret kapacitet for den øvrige trafik, f.eks. ved anlæg af busbaner. Forøgede omløbstider i signalanlæg som følge af tiltaget vil ofte medføre forringelser for den øvrige trafik herunder fodgængere.
Kapacitet:	I bymæssigt område hvor arealet er knapt, vil bedre busbetjening alt andet lige øge kapaciteten af transportsystemet.
Geografi:	Hovedstadsområdet + Større byer
Tidsperspektiv:	Nu
Økonomi:	Et studie ⁴⁰⁾ af 6 projekter vedrørende i alt 24 buslinjer har påvist høje interne renter, fra 8% til 105%. De primære gevinster kommer fra brugereffekter og driftsbesparelser. (Sidstnævnte kan selvfølgelig også, hvor det måtte være relevant, vælges konverteret til øget frekvens, hvorved brugereffekter øges yderligere.)
Værdi af investeringen:	I forhold til de beskudte investeringer kan de samlede økonomiske gevinster være betydelige i form af færre driftsomkostninger til busdriften og tidsbesparelser for. Værdien reduceres eller kan overskygges af forøget trængsel for øvrig trafik, afhængig af kapacitetsbegrænsningen og kapacitetsudnyttelsen for den øvrige trafik.
Omgivelserne:	Uændret, eller negativ hvis trængslen stiger markant for den øvrige trafik

Potentiale vurdering

Som det fremgår, er teknologien på mange områder moden, og flere steder taget i brug med dokumenterede effekter. For nogle af tiltagene foreligger der god dokumentation for, at værdien af de trafikale gevinster er store sammenlignet med omkostningerne. For andre er der behov for yderligere analyser af potentialet for at kunne gevinsterne størrelse i f.t. omkostningerne ved tiltaget.

Vejdirektoratet har på baggrund af tidligere analyser estimeret et økonomisk potentiale for tiltagene 1-3. Dette er opsummeret i nedenstående figur 4.2.

Figur 4.2 Opgørelse i 2012 af gevinster på signaltype og tid/brændstof



Kilde: Vejdirektoratet (2012), Bedre Trafiksignaler, Rapport 411, s. 38
http://vejdirektoratet.dk/DA/viden_og_data/temaer/its/Documents/VD_Bedre_trafiksignaler.pdf

Figur 4.2 viser, at det især er justering og samordning eller etablering af samordning mellem anlæg (tiltag 3), som giver gevinsterne, der overvejende består af sparet rejse-tid men også en ikke uvæsentlig brændstofbesparelse, som ligeledes giver anledning til lavere emissioner. Gevinsterne er i tabellen nedenfor sammenholdt med omkostningerne med en opdeling på geografiske områder. Tiltag 2, 'Optimering af signaler', er ikke medtaget i tabellen, da det er skønnet, at det vil være umulig at opgøre med en tilstrækkelig sikkerhed på nationalt plan.

Tabel 4.1 Modernisering og samordning af signaler opdelt på geografisk områder

2012	Tiltag 1 og 3			
Mio. kr. per år	Hovedstads-området	De største byer	Øvrige byer og på landet	Mellem byerne ⁴¹⁾
Potentiale for gevinster	685	512	115	-
Estimerede omkostninger	65	50	24	-
Gevinst/omkostningsforhold	10,5	10,2	4,8	-

Kilde: Vejdirektoratet 2012

Gevinsterne er i alle tilfælde meget høje sammenlignet med omkostningerne. Som følge af den større trafikthed er gevinsterne relativt store i Hovedstadsområdet og i de største byer. Gevinst/omkostnings-ratio er her på godt 10 og ca. 5 i de øvrige byer og på landet). For tiltag 4-7 er der ikke foretaget egentlige analyser, men følgende vurderes at gøre sig gældende:

Rampedosering (4):	Forventeligt meget favorabel cost/benefit-ratio, baseret på diverse udenlandske erfaringer.
Parallelle ruter (5):	Forventeligt meget favorabel cost/benefit-ratio, baseret på studie af Holbæk-motorvejen.
Realtidsstyring (6):	Forventeligt store gevinster, men ikke estimeret.
Parkering (7):	Forventeligt meget favorabel cost/benefit-ratio, baseret på de nævnte erfaringer fra San Francisco.

Signalregulering i Københavns Kommune

Københavns Kommune har godt 380 signalregulerede kryds, hvilket er lidt mere end 10% af den samlede signalportefølje i Danmark. Til hvert kryds hører et styreapparat, der sørger for at skifte lyset i krydsets signaler. Udskiftningen af styreapparaterne indgår i Københavns Kommunes genopretningsplan for vejområdet "Et løft til vejene". Der er i alt afsat 50 mio. kr. til genopretning af byens trafiksignaler.

I perioden 2013-2015 blev alle styreapparaterne udskiftet eller opgraderet til nyeste standard. Styreapparaterne er i dag online og trafikfolkene i Københavns Kommune har mulighed for at kontrollere og sikre, at driftsentreprenør opdager og retter fejl i trafiksignalerne. Det er ligeledes muligt at tilpasse det enkelte signalregulerede kryds, så det danner grønne bølger med de nærliggende kryds. Styreapparaterne skal ligeledes kunne kommunikere med kommunens trafikledelsessystem gennem den åbne kommunikationsprotokol RSMP (Road Side Message Protocol), så kommunen mere effektivt kan reagere på planlagte og utilsigtede hændelser i trafikken, samt bidrage til at kommunen kan opfylde de politisk fastlagte servicemål for cykler, fodgængere, busser og biler gennem en dynamisk styring af de signalregulerede kryds.

I perioden 2015-2018 er der gennemført signaloptimeringer på 11 centrale strækninger i København, som tager udgangspunkt i de politisk fastlagte servicemål for cykler, fodgængere, busser og biler. De 11 strækninger forventes evalueret i første halvår af 2018, hvori de faktiske effekter af signaloptimeringerne vil fremgå.

Som det fremgår ovenfor, ser der ud til at være et stort urealiseret potentiale for øget kapacitetsudnyttelse gennem yderligere optimering af trafikstyringen på vejnettet. Endvidere er omkostningerne meget lave sammenlignet med fysiske infrastrukturinvesteringer. Dette blev også bemærket af Trængselskommissionen i 2013. At gevinsterne ikke i større grad er blevet høstet her fem år senere; kan skyldes følgende tre barrierer:

- **Organisatoriske siloer:** Generelt giver det udfordringer, når forskellige organisatoriske enheder har ansvaret for gevinster og omkostninger ved et givent projekt. I mange tilfælde gør dette sig også gældende her, f.eks.:
 - Afvejning af fordelene mod omkostningerne ved signaloptimering i en kommune kan være påvirket af, at en del af gevinsterne tilfalder gennemkørende trafikanter fra andre kommuner. Dette gælder formentlig ikke mindst i de mindre kommuner i Københavns omegn.
 - Tilsvarende har kommunerne ikke nødvendigvis trafikale fordele af at indgå i samarbejde om at være nødrute for en motorvejsstrækning, da de kan være bekymrede for, at det blot vil skabe mere trafik på de lokale gennemfartsveje
- **Usynligt tiltag:** I modsætning til en ny eller udvidet vej, så giver signaloptimering ikke anledning til noget umiddelbart fysisk, som kan ses af byens borgere. Effekten af en grøn bølge eller en forbedret samordning er ukonkret og usynlig og ikke af stor betydning for den enkelte tur. De kan derfor blive nedprioriteret politisk på trods af, at effekterne kan være store for trafikanterne samlet set.
- **Manglende kendskab til effekten af signaloptimering:** I nogle kommuner er der ikke kendskab til, hvor stor effekt man kan få af signaloptimering i de konkrete tilfælde. Kortlægning af den aktuelle situation og de mulige gevinster vil i sig selv være beko-stelig og nedprioriteres af samme grunde som ovenfor. Systematisk erfaringsop-samling er ressourcekrævende og kan med fordel koordineres på tværs af vejmyndighederne.

For at realisere de beskrevne gevinster vurderes der behov for, dels at sikre bedre muligheder for – eller krav til –at samarbejde på tværs af vejmyndigheder, som for eksempel samlokaliseringen af Vejdirektoratets og Københavns Kommunes trafikstyring i Trafiktårn Øst.

- **Samarbejde på tværs af vejmyndigheder:** For at sikre fokus på de tværgående gevinster af forbedret trafikstyring kan der skabes en institutionel ramme herfor. Det kan f.eks. være et samarbejde mellem vejmyndigheder, som er mere formaliseret end det aktuelle SAMKOM-samarbejde mellem kommunerne og Vejdirektoratet⁴²⁾, der udstikker ansvaret for at koordinere, prioritere og styre trafikudviklingen på tværs af vejmyndighederne og politiet. Dette kan eventuelt ske gennem en mere proaktiv anvendelse af de fremkommelighedsudvalg⁴³⁾, som Transportministeren kan nedsætte på tværs af vejmyndigheder, og/eller udvide deres bemyndigelse.
- **Øget synlighed af gevinsterne:** De senere års fremskridt i forhold til trafikdataopsamling og -analyse muliggør oftere målinger af fremkommelighed og kobling til konkrete tiltag. Der kan derfor på nationalt niveau etableres et fremkommelighedsindeks, hvor det er muligt at zoome ind på den enkelte kommune, og hvor det er muligt at følge udviklingen over tiden og sammenligne på tværs af kommuner. Et sådant dash-board vil også støtte kommunernes dialog med borgere og erhvervsliv, jf. f.eks. DI's årlige analyse af erhvervsklima gennem belysning af gevinsterne fra plan-

lagte og foretagne tiltag. Dette kan også understøtte, at der sker bevilling af både investerings- og driftsmidler fra kommunens hhv. anlægs- og serviceramme.

Endvidere bør der etableres en erfaringsbase og metodik for at understøtte arbejdet med at identificere og vurdere effekten af gennemførte tiltag⁴⁴⁾. DTU gennemførte en overgang sådanne analyser for Københavns Kommune.

INDSIGTER

- Der forekommer at være store urealiserede muligheder for bedre udnyttelse af transportsystemets kapacitet gennem optimeret trafikstyring. Kommissionsarbejdet har i flere omgange peget på dette potentiale. Det er uklart, om den manglende realisering af potentialet beror på organisatoriske barrierer eller manglende opmærksomhed på eller synlighed af gevinsterne.
- Bedre indstilling og styring af eksisterende signalregulerede kryds vil med begrænsede investeringer kunne lede til store fremkommelighedsgevinster mange steder.
- Gevinster ved signaloptimering kan synliggøres ved systematisk at opgøre og offentliggøre fremkommelighed, fra strækningsniveau til nationalt niveau.
- Bussernes fremkommelighed og regularitet kan prioriteres ved kommunikation mellem bus og trafiksignal, hvilket dog skal ses i forhold til den samlede fremkommelighed for alle trafikanter.
- Koordineret trafikledelse og signaloptimering på tværs af de administrative grænser samt deling af data kan forbedre trafikinformation og håndtering af driftsforstyrrelser.

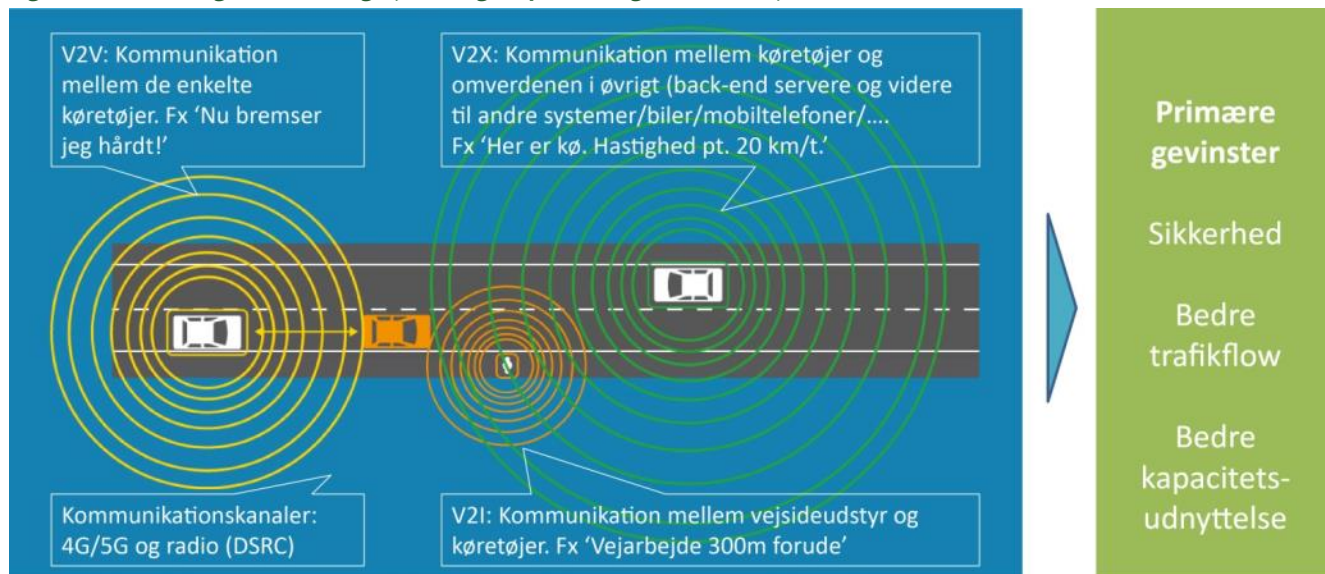
4.2 Forbundne køretøjer

Der gøres store forhåbninger om samfundsøkonomiske gevinster fra forbundne biler. Det drejer sig ikke kun om indbyrdes trådløse forbindelser mellem køretøjer, men også gennem trådløse forbindelser mellem biler og vejsideudstyr og med omverdenen. Mange steder anvendes den engelske betegnelse 'Connected Vehicles', når de teknologiske muligheder ved disse teknologier beskrives.

Det er vigtigt at slå fast, at forbundne køretøjer og automatisering af køretøjerne ikke er hinandens forudsætninger. Man kan godt få det indtryk fra nogle rapporter og præsentationer, hvor der ofte tales om 'Connected Automated Vehicles' som forkortes CAV. Selvstyrende eller førerløse biler behøver imidlertid ikke at være forbundne. Og forbundne biler er relevante, uanset om bilen er selvstyrende eller ej. Teknologierne kan imidlertid, som vi skal se i det følgende, forstærke hinandens gevinster.

I nedenstående figur ses i oversigtsform, hvordan køretøjerne vil kommunikere med hinanden og omverdenen, og de forventede primære gevinster fra dette. Følgende betegnelser er anvendt i det følgende: V2V – 'vehicle-to-vehicle'/køretøj-til-køretøj, V2I – 'vehicle-to-infrastructure'/køretøj-til-infrastruktur og V2X – 'vehicle-to-everything'/køretøj-til-omverdenen. Connectivity kunne også finde relevans ift. cykler og fodgængere, men det vil sandsynligvis være af marginal betydning (og svært at indføre generelt), hvorfor det ikke behandles her.

Figur 4.3 V2V, V2I og V2X i oversigtsform, og de primære gevinster herfra



Kilde Vejdirektoratet

Trådløs 'V2V-kommunikation' er endnu ikke så udbredt, men er f.eks. blevet testet i diverse platooning-forsøg⁴⁵⁾. Der findes til gengæld allerede i dag en række eksempler på anvendelse af trådløs 'V2I-kommunikation' og 'V2X-kommunikation':

- *Busprioritet*, hvor en bus anmoder et lyssignal om grønt lys, er et allerede udbredt eksempel på V2I-kommunikation.
- *Eco-driving*, hvor chaufføren får information om anbefalet hastighed for at følge den grønne bølge i trafiksignalerne og dermed undgår stop/go kørsel (dette er testet for lastbiler på Folehaven i København)
- *Google Waze*, hvor bilisters mobiltelefoner (og dermed indirekte køretøjet) fortæller en central server, at der er kø, er et eksempel på V2X (selvom det modtages i andre køretøjer, er det dog ikke at regne som V2V-kommunikation).
- Teslas 'over-the-air' software-opgradering er tilsvarende et eksempel på V2X-kommunikation, bare den anden vej.

Som eksemplerne illustrerer, er der grundlæggende tre typer af kommunikation:

- *Lejlighedsvis kommunikation*: Eksempelvis kort-opdateringer, software-opgraderinger, etc.
- *Driftsstøtte-information*: Information, råd, advarsler, etc., som relaterer sig til den aktuelle situation, og som et køretøj eller føreren kan anvende eller lade være. Eksempelvis melding om glat føre. Dette er i sagens natur ofte tid- og stedspecifikt.
- *Styring*: Information, som er kritisk for køretøjets drift. Eksempelvis data fra forankørende bil ved platooning.

Nedenstående tabel 4.2 viser en systematisk opstilling af de forventede anvendelser af teknologien og gevinsterne herfra på forskellige kategorier.

Tabel 4.2 Funktionaliteter fra forbundne køretøjer

Funktion / information	V2V / V2I	Gevinstkategori			
		Sikkerhed	Frem-kommelig-hed	Køretøjs-drift	Miljø
Advarsler om fare på stedet / forude					
Katastrofeopbremsning	V	X			
Udrykningskøretøj på vej	V	X			
Vejarbejde forude	I	X	X		
Langsom eller standset køretøj	V	X	X		
Kø	V	X	X		
Dårlige vejrforhold	I/V	X			
Kollisionsfare (cooperative)	I/V	X			
Motorcykel på vej	V	X			
Brug af skilte					
Grøn bølge hastighed	I		X	X	X
Visning af skiltning i køretøjet	I	X			
Hastighedsgrænser i køretøjet	I	X	X		X
Reduktion af 'elastikkørsel'	I		X	X	X
Mindre rød-kørsel	I	X			
Få data fra køretøjet (hastighed, position, ...)	I	X	X	X	X
Signalprioritering for udvalgte køretøjer (udrykning, bus, lastbil, ...)	I		X	X	
Andet					
Connected & cooperative navigation ind og ud af by-centre (first & last mile, parkering, vejvisning, samordnede trafiklys)	I		X		X
Information om lade- og optankningssteder med alternative drivmidler	I			X	
Parkeringsinformation og -styring	I		X		X
Park & Ride information	I		X		X
Realtids-trafikinformation og -vejvisning	I/V				X

Kilde: C-ITS Platform (2016), Annexes to the C-ITS Platform final report of January 2016

Der er både i USA og i EU-regi gennemført et stort arbejde med at afklare de mange aspekter, der relaterer sig til forbundne biler udover de rent teknologiske. Det drejer sig for eksempel om erstatningsansvar, business cases, implementering, standarder, etc⁴⁶⁾, jf. EU's C-ITS Platform – Final report fra 2016. Nogle vigtige pointer fra dette arbejde er:

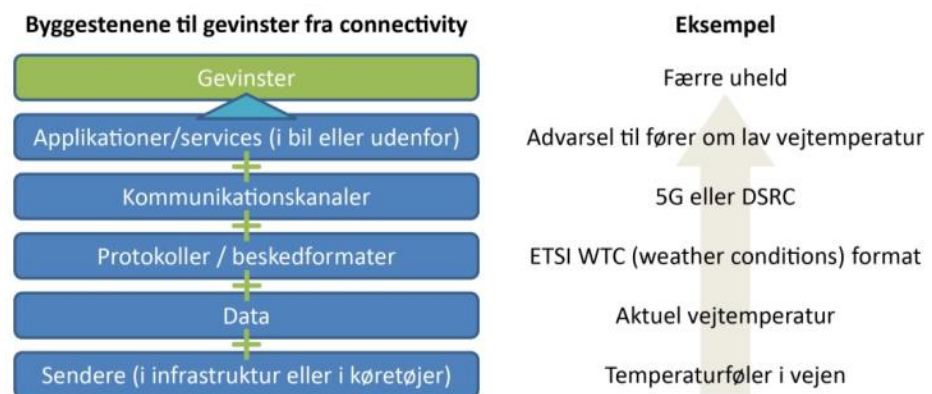
- Der er i høj grad tale om en 'hønen-og-ægget'-problematik: Nogle af de forventede gevinster kan først realiseres, når alle enheder kan forbinde til hinanden, og vil derfor ske med en 5-10 års forsinkelse efter investeringerne.
- Nogle af de udvekslede data kan være person-henførbare, og kan derfor være omfattet af Persondataforordningen⁴⁷⁾
- Køretøjerne er lige på trapperne, jf. ovennævnte rapport:

'the technology is ready, the industry is already deploying C-ITS equipped vehicles in other parts of the world and announced to be ready to deploy in the EU by 2019, provided that the above-mentioned framework is in place sufficiently in time'.

VW har ligeledes annonceret⁴⁸⁾, at nye modeller fra 2019 vil være udstyret med den nødvendige teknologi, som så herefter kan opdateres med ny software, efterhånden som standarder og markedet modnes.

- En række gevinster (kaldet 'Day 1 services') er teknologisk set klar, men der er mange byggesten (jf. nedenstående illustration), som skal være på plads, særligt i forhold til de som afhænger af V2I-kommunikation. Danmark deltager i det fællesnordiske projekt Nordic Way, der tester 'Day 1 services'⁴⁹⁾.

Figur 4.4 Byggestenene til gevinster fra connectivity – meget skal være på plads for at kommunikationen kan ske og gevinsterne kan realiseres



Potentiale vurdering

Gevinsterne ved forbundne biler opstår primært i driftssituationen. For transportsystemet gælder:

- *Færre ulykker og hændelser*, eksempelvis i forbindelse med varsling;
 - I form af forvarsling og nød/akut varsling
 - Af ikke synlig tværgående trafik, trafiksignaler, ulykke mv.
- *Bedre trafikflow*, eksempelvis:
 - Forbedret afstemning af hastigheder (mindre "elastikkørsel")
 - Mulighed for central styring af trafikmængder på kritiske strækninger
- *Bedre udnyttelse af vejprofilet*, eksempelvis:
 - Horisontalt: Køretøjerne kan formentlig køre i smallere baner
 - Køretøjerne kan formentlig køre tættere, men dette kan også lade sig gøre uden trådløs kommunikation mellem bilerne.
- Yderligere gevinster for den enkelte bilist:
 - Tryghed
 - Bedre trafikinformation
 - Øget sikkerhed
 - En 'lærende bil'.



De ovenfor nævnte EU-studier har vurderet, at der samlet set er store gevinster ved connectivity/forbundenhed. Øget fremkommelighed står med ca. 66% for størstedelen af gevinsterne, mens færre ulykker og sparet brændstof udgør hhv. 22% og ca. 11%⁵⁰⁾.

Nedenstående figur⁵¹⁾ 4.5 viser i oversigtsform, hvordan gevinsterne kan muliggøres gennem 9 sammenhængende 'service pakker' (højre kolonne) og hvilken type af connectivity de kræver (venstre kolonne). Det vises endvidere kvalitativt (med farvemærkingen) hvor relevante ydelserne er i forhold til forskellige geografiske områder (midterste kolonner):

- Mørkegrøn = Meget relevant
- Lysegrøn = Relevant
- Gul = Relevant, men gevinster begrænsede
- Lysegul = Få gevinster
- Hvid = Ikke relevant

Bogstaverne A-E betegner en række implementeringsscenarier med stigende ambition (scenarie B indeholder således scenarie A, osv.). Til danske forhold giver det endvidere mening at lave følgende oversættelse:

- TEN-T Core = Motorvejsnettet mellem byerne
- Urban = Hovedstadsområdet og de større byer.

Implementeringshastigheden vil i høj grad være drevet dels af bilindustrien, dels af den enkelte forbrugers betalingsvillighed i forhold til tilkøb af udstyrspakke eller ekstraudstyr for så vidt angår eksisterende bilpark. Uanset teknologisk og regulatorisk modenhed må det derfor forventes, at tidshorizonten for bred implementering er 2025 og frem.

Figur 4.5 Service bundles og deres geografiske relevans

		TEN-T Corridors	TEN-T Core	TEN-T Comprehensive	Non m-way non urban	Urban	Services
V	Personal transport	A	A	A	A	A	Emergency brake light
	Public transport	C	C	C	C	C	Emergency vehicle approaching
	Freight	A	A	A	A	A	Slow or stationary vehicle(s) Traffic jam ahead warning Hazardous location notification
I	Personal transport	B	B	C	C/D	C	Road works warning
	Public transport						Weather conditions
	Freight	B	B	C	C/D	C	In-vehicle signage In-vehicle speed limits Probe vehicle data Shockwave damping
I	Personal transport				C/D	C	GLOSA/TTG
	Public transport				C/D	C	Signal violation/intersection safety
	Freight				C/D	C	Traffic signal priority request by designated vehicles
I	Personal transport	D	D	E	E	C	Off street parking information
	Public transport						On street parking management and information
	Freight	E	E	E	E	C	Park & Ride information Information on fuelling & charging stations for AFVs
I	Personal transport	A	A	B	C/D	C	Traffic information & smart routing
	Public transport						
	Freight	B	B	B	C/D	C	
I	Personal transport					D	Loading zone management Urban zone access control
	Public transport						
	Freight	D	D			D	
X	Personal transport				E	E	Vulnerable road user protection
	Public transport				E	E	
	Freight				E	E	
V	Personal transport	E	E	E	E	E	Motorcycle approaching indication Cooperative collision risk warning
	Public transport	E	E	E	E	E	
	Freight	E	E	E	E	E	
I	Personal transport	E	E	E		E	Wrong way driving
	Public transport						
	Freight	E	E	E		E	

Kilde: C-ITS Platform (2016), Annexes to the C-ITS Platform final report of January 2016

En af styrkerne ved vejtransportsystemet i forhold til togdriften er robustheden ved at være uafhængig af central styring. Trængsel og uheld reducerer fremkommeligheden drastisk i de trafikbelastede korridorer, men enkelthændelser har ikke systemeffekter, der kan stoppe store dele af vejtrafikken. Denne robusthed kan blive svækket, hvis den enkelte bils kørsel gøres afhængig af, at ekstern kommunikation er opretholdt. Fuld driftssikkerhed af den eksterne kommunikation kan ikke opnås i praksis. Som for signalstyringen af togdriften må regnes med lejlighedsvis tekniske driftsnedbrud samt tages højde for cyber-risici. Bevarelse af denne robusthed må have højeste prioritet i vurderingen af fordele og ulemper ved udnyttelse af fordele ved, at forbundne køretøjer baserer sig på information udefra.

Hensynet til fleksibilitet og robusthed er et meget tungtvejende argument for i videst mulig udstrækning at bevare vejtransportsystemet som et løst koblet system. Der kan givetvis høstes ekstra gevinster fra f.eks. samordning og koordinering af trafikken jf. afsnit 4.3, men kriteriet må være, at driftsmæssige trådløse forbindelser mellem bilerne ikke må blive en forudsætning for, at vejtrafikken kan afvikles.

I det lys bliver tidlig implementering af V2I-kommunikation formentlig ikke afgørende vigtigt. Det taler for en *afventende dansk position mht. teknisk opgradering (kabler, digitale skilte, etc.) af vejene*. Det igangværende NordicWay-projekt vil give yderligere information, om det f.eks. kan give mening at udstyre udvalgte strækninger med kabler til kommunikation, eller om 5G-netværket/satellitkommunikation vil kunne klare data-transmissionsbelastningen.

C-ITS Platform rapporten peger endvidere på, at implementeringshastigheden af V2I-kommunikation kan ske hurtigere, hvis det viser sig, at 5G-mobilnetværk kan anvendes i stedet for kabelafhængig connectivity i vejsideinfrastrukturen. Satellit-kommunikation bliver også løbende billigere, hvorfor brugen heraf til 'en-til-mange'-kommunikation (f.eks. om uheld eller trængsel i et givent område) kan blive mere relevant end kabelbåret kommunikation.

Det kan dog give mening at bruge V2I-connectivity i et afgrænset tracé/område/system, hvor DSRC/5G-enablet vejside-infrastruktur (f.eks. skilte og positionsmaster) findes. Det kan for eksempel være i forbindelse med tidlig indførelse af automatiseret BRT-lignende busdrift.

Et centralt element i udnyttelse af C-ITS fordelene er, at alle køretøjer og infrastrukturer kan tale sammen på tværs af producenter og lande. Det kan være et element i myndighedsrollen at sikre, at dette kan ske gennem udvikling af fælles kommunikationsstandarder. Men en risiko ved at basere sig på EU- eller myndighedsfastsatte standarder er, at det tager tid at blive enige om disse, hvilket kan være en hæmsko for innovationskraft i forhold til den videre digitalisering af vejtransportsystemet.

I praksis er den teknologiske udviklingshastighed så høj, at de succesfulde producenter kan ende med at sætte kommunikationsprotokollerne. Eksempelvis overhalede Google Maps' format for rejseplansdata, GTFS, det arbejde, der foregik med samme formål i en EU-arbejdsgruppe. Så selvom der er brug for standarder, kan disse lige så vel opstå gradvist gennem bilaterale aftaler mellem parter i industrien. Dette taler for at undgå at introducere afhængigheder og stiv regulering/standarder i stil med, hvad der f.eks. ses i banesektoren.

Derfor er det mere hensigtsmæssigt i EU-regi at lave ramme-regulering, der muliggør de samfundsmæssige gevinster uden at specificere i detaljen, hvordan/om løst kobled systemer skal interagere med hinanden. Dette betyder eksempelvis, at man med fordel kan stille krav (både til offentlige aktører og private, når muligt) om dataadgang og åbenhed om dataformater, snarere end om, hvilket konkret format der skal bruges. Med andre ord: Det vigtigste er, at myndighederne understøtter, at enhederne kommer til at tale sammen, ikke om det sker via en myndighedsdefineret standard.⁵²⁾

INDSIGTER

- Forbundne køretøjer kan bidrage til mere sikker kørsel gennem sikkerhedsrelevante informationer fra andre biler eller til bil eller fører.
- Behovet for investeringer i V2I infrastruktur langs det overordnede vejnet er på nuværende tidspunkt usikkert. V2I og V2V vurderes ikke at være en forudsætning for automatisering, om end der på lang sigt formentlig vil være synergi. Danmark kan derfor med fordel være afventende i forhold til en udrulning af V2I infrastruktur og følge udviklingen i EU og andre internationale fora. Det er endvidere relevant at bidrage til internationale vejstandarder/vejudstyr, der understøtter V2I teknologi og selvkørende biler.

4.3 Dataadgang

'Data is the new oil' siges det med henvisning til forventningerne til, at de mange data kan omsættes til viden, som giver produktivetsgevinster tilsvarende de, som den billige energi fra olie har givet os⁵³⁾.

Ofte skabes data dog ikke det sted, hvor de giver mest værdi, hvorfor nem og effektiv dataudveksling er nødvendigt. Dette gælder i særdeleshed i transportsektoren, hvor der er mange både private og offentlige aktører, og hvor forventningen er, at der gennem dataudveksling både kan skabes betydelige effektivitetsgevinster og bedre, mere sammenhængende ydelser.

Inden for vejsektoren⁵⁴⁾ er trafikrelateret data til brug for trafikledelse og trafikantinformation indtil for få år siden primært blevet tilvejebragt af vejmyndigheder ved hjælp af vejsideudstyr som f.eks. kameraer, radar og induktionsspoler nedfræsset i vognbanerne. Data er også tilvejebragt gennem vejmyndighedens interne viden om vejarbejder, dialog med politi og redning om omfang og varighed ved akutte hændelser, og gennem henvendelser fra trafikanter.

Inden for de senere år er disse datakilder dog i stigende grad blevet suppleret med forskellige former for datahøst fra mobiltelefoner eller andre trådløse enheder, der løbende kan opsamle og videregive positionsdata, eller som ved hjælp af vejsideudstyr eller GPS kan følges rundt på vejnettet eller i et urbant miljø. Frem over indsamles data i stigende grad direkte fra intelligente køretøjer. Et konkret eksempel er jf. foregående afsnit, at en bil kan informere en central instans om, at der er kø, hvorefter dette kan viderekommunikeres til andre trafikanter og til vejmyndigheder.

Der er dog også set eksempler på nye typer af systemer, der benytter sig af helt andre datakilder såsom datahøst fra sociale medier, statistiske data om demografiske profiler for et givent område, tæthed af mobiltelefoner registreret fra mobilmaster osv. til at beregne kort- og langtidsprognoser for f.eks. trafiktilstande.

Samtidig er der en stigende interesse i at kunne udveksle data på tværs af både private og offentlige organisationer. Dette sker dels for at skabe mere værdi af de allerede eksisterende data ved f.eks. at koble dem med nye data eller at anvende data til aktiv indgriben på vejene, og dels for at udvikle nye datakilder og dermed også mulige nye forretningsområder.⁵⁵⁾

Et centralt omdrejningspunkt er rettighederne til de data, som registreres og indsamles fra trafikanterne. Det gælder specielt i forhold til kommerciel udnyttelse af data fra kø-

retøjerne, som allerede i dag registrerer omfattende data om kørslen. Kombineret med tidspunkt og geoposition kan disse data give detaljeret realtidsinformation om trafikken og vejenes tilstand. De data kan vejbestyreren anvende på to måder:

- I forbindelse med vedligehold af vejnettet, trafikledelse og aktiv indgriben ved akutte hændelser.
- Til trafikinformation, hvor konsoliderede data formidles til køretøjerne, så trafikanterne kan træffe nogle bedre valg om rute, turtidspunkt m.v. Data kan for eksempel være meldinger om hændelser, rejsetider, vejarbejde, forventet forsinkelse ved akutte hændelser eller dårligt sigte, risiko for glatte veje m.m.

ITS-direktivet⁵⁶⁾

Europa Kommissionen har netop gennemført en 5-årig forlængelse af aktiviteterne under ITS-direktivet, hvor medlemsstaterne har givet Kommissionen beføjelser til at fastsætte standarder mv. gennem såkaldte delegerede retsakter. Dette arbejde forventes at komme til at omfatte følgende områder: Security; Data Protection/Privacy; Conformity/Compliance Assessment; Technical interoperability/profiling of standards. Det kan endvidere også komme til at omfatte Human-Computer Interfaces; Hybrid communication; Highlighting global dimension; Liability; Access to in-vehicle data and resources; general feeding of identified topics to other bodies.

Af samme grund har EU via ITS-direktivet⁵⁷⁾ gennem en række retsakter stillet krav om, at medlemsstaterne implementerer en EU-fastlagt datainfrastruktur for trafikdata, et såkaldt National Access Point (NAP). Man er nået til enighed om at udveksle data, der understøtter følgende formål:

Relevante data for en tværeuropæisk multimodal rejseplanlægger. Der arbejdes mod, at hver medlemsstat skal levere et datasæt med data for alle typer af rejser: Bil, kollektiv trafik, fly, færge, cykling mv. Data kan derved bruges til at udarbejde en rejseplan for hele EU's område, hvad enten dette sker fra offentlig side eller privat (f.eks. som når Google Maps laver international rejseplan ved brug af bl.a. data fra Rejseplanen).

EU-dækkende tidstro trafikinformationstjenester: Statiske vejdata (herunder kortdata), Dynamiske vejdata (herunder trafikmeldinger) og Trafikdata (herunder rejsetider), der skal gøres generelt tilgængelige for interesserede parter.

Trafikinformation, som er relevant for vejsikkerheden, uden vederlag til brugere: Primært otte kategorier af sikkerhedsrelaterede trafikmeldinger (såsom forhindringer på vejen, ubeskyttet uheld og meldinger om spøgelsesbilister), som skal gøres generelt tilgængelige for interesserede parter.

EU- dækkende eCall-system: Jf. retsaken vil eCall blive obligatorisk i nye typegodkendte køretøjer fra marts 2018. ECall gør køretøjet i stand til selv at kalde op til alarmcentralen, når der sker en ulykke.

Informationstjenester vedrørende sikrede parkeringspladser for lastkøretøjer og erhvervskøretøjer: Database med statiske data om sikre rastepladser for lastbiler og andre erhvervskøretøjer på tværs af de europæiske landes grænser. Sikre rastepladser er rastepladser, der er overvågede med henblik på at mindske kriminalitet og eksempelvis tyveri af gods (en retsakt mht. services til reservation af sådanne parkeringspladser var planlagt, men er droppet.)

I Danmark har Vejdirektoratet etableret et NAP, hvorigennem de relevante danske data kan udstilles på tværs af transportformerne. Access-punktet gik i drift i medio juni 2017 i en foreløbig version og på nuværende tidspunkt er det en hjemmeside, hvor adgang gives ved kontakt til en navngiven person i Vejdirektoratet. Vejdirektoratet arbejder vide-

re med at optimere access-punktet, gøre punktet mere brugervenligt og udvide det med flere af Vejdirektoratets data.

Data skal i første omgang dække TEN-T vejnettet i Danmark, men vil sandsynligvis også komme til at omfatte andre dele af det prioriterede vejnet i Danmark.

Datainfrastrukturen giver nem adgang til Vejdirektoratets data⁵⁸⁾ for eksterne parter, og kan være med til at øge brugen af disse data og dermed give bedre trafikinformation til trafikanterne i form af f.eks. realtid for, hvornår et vejarbejde går i gang eller afsluttes, om der er tabt gods på vejene, om der er uheld, hvornår der er ryddet efter et uheld m.m. Data kan også bidrage til at øge trafiksikkerheden gennem varslinger om farlige situationer som spøgelsesbilister, glatte veje og kraftig vind.

I en analyse udført af Deloitte og Alexandrainstituttet i 2017⁵⁹⁾ vurderes det, at etableringen af en fælles offentlig datainfrastruktur, der muliggør samkøring og udstilling af både Vejdirektoratets og kommunernes trafikdata, vil lede til, at data fra en større del af det danske vejnet bliver tilgængelige i fælles format og derigennem vil kunne udnyttes til at skabe bedre trafikinformation. Der henvises blandt andet til Vejdirektoratets vurdering af, at 95% af den motoriserede trafik vil kunne dækkes, hvis de ti største kommuner deltog.

Analysen finder, at der er et potentiale i et tværsektorielt samarbejde mellem myndigheder og private aktører, som hver især råder over og udstiller trafikdata over forskellige dele af vejnettet, men ikke deler og dermed udnytter disse data til fulde. Det kan skabe en mere sammenhængende trafikinformation og styring på tværs af kommunale og statslige veje. Deloitte og Alexandrainstituttet foreslår, at en løsning kan være etableringen af en fælles offentlig datainfrastruktur med afsæt i Vejdirektoratets infrastruktur, der gør det muligt at dele, samkøre og udstille trafikdata fra kommunale, statslige og private aktører, og som understøtter forskellige formål og geografiske fokusområder.

Som eksempel kan det nævnes, at Danmark pt. ikke har et offentligt digitalt vejkort. Nogle mener, at et opdateret offentligt vejkort – f.eks. med oplysninger om vejvedligeholdelsesprojekter og ombygninger – er essentielt for at understøtte den teknologiske udvikling. Sverige har etableret et sådan kort, og ITS Danmark anbefaler, at Danmark også har det.

Andre eksperter mener, at store multinationale aktører udvikler sådanne kort mere effektivt, at det vil sikre hurtigere opdatering ved brug af nye teknologier i form af billedgenkendelse og kunstig intelligens, og at bilindustrien vil fokusere på internationale leverandører af digitale kort, der sikrer brug på alle markeder. Vejdirektoratet har netop igangsat en fornyet stillingtagen til dette spørgsmål gennem et internt projekt, hvor det ønsker at redegøre for nyttiggørelsen, og hvilke behov et digitalt vejkort kan opfylde. Dette kapitel behandler derfor ikke et offentligt digitalt vejkort yderligere.

For så vidt angår data på tværs af transportformerne anfører Deloitte og Alexandrainstituttet, at både trafikselskaberne og de private transportoperatører indsamler store mængder data om den rejsendes adfærd i den kollektive transport, men at deling og integration af disse data finder ikke sted, hvilket kan bero på kommercielle interesser. Man udnytter derved ikke muligheden for at have et fælles datagrundlag. I forlængelse heraf vurderes kernen i en løsningsmodel, at trafikselskabernes drifts- og passagerdata integreres og udstilles på én og samme platform, således at det bliver muligt at se på

tværs af transportformer og få et helhedsbillede af de rejsendes adfærd. Leverancer af data til platformen bør tænkes ind i udbud og kontrakter med private operatører inden for den kollektive trafik.

Potentialevurdering

Som det fremgår, afhænger gevinsterne ved digitalisering af, at rette data er til rådighed.

- **Automatisering:** Selvkørende køretøjer vil kunne gøre brug af realtids-opdaterede kort, særligt i forhold til uregelmæssigheder (vejarbejde, omkørsel, ...). Basisforhold (herunder regulatoriske forhold som f.eks. takster for vejbenyttelsesafgift) vil nok skulle komme fra det offentlige, men på sigt er det sandsynligt, at køretøjsproducenterne udbygger og vedligeholder disse til det krævede detaljeringsniveau ved brug af kameraer og billedgenkendelse. Dette vil samtidigt muliggøre, at det offentlige kan få opdaterede og nøjagtige kortdata (og trafikdata) fra flåder af (selvkørende) køretøjer.
- **Regulering / trafikledelse:** Som beskrevet ovenfor er der forventning om, at en data-drevet, koordineret styring af trafiksystemet vil kunne give gevinster i forhold til især fremkommelighed. De nødvendige data vil da skulle udveksles enten fra NAP, som det Vejdirektoratet har udviklet, eller via mere bilaterale løsninger. Datamængden afhænger dog af, hvilke niveauer af data til selvstyrende og/eller forbundne køretøjer, der måtte blive relevante. Er det kun information, som føreren og/eller køretøjet kan vælge at se bort fra, eller er det 'instrukser', der skal følges (særligt af en selvstyrende bil) om f.eks. midlertidig nedsat hastighed, svarende til dynamiske hastighedstavler?
- **MaaS** (og andre nye forretningsmodeller): Kræver udveksling af især kapacitetsdata (køreplaner, lift, ledige taxaer, etc.) og afvigelsesdata (forsinkelser, nye/planlagte aflysninger, etc.) for de forskellige transportformer, så der kan laves multimodale rejseplanlæggere jf. kapitel 5 og sammenhængende rejseinformation. Samtidig har operatører og/eller trafikelskaber behov for statistiske data for at kunne optimere deres ydelser.

Der er således behov for udveksling af adskillige data. Det er dog ikke på forhånd givet, hvem der skal producere, og hvem der skal fordele data, som illustreret med udvalgte eksempler i nedenstående tabel Fokus er her på persontransport. Indenfor godstransport forventes dataudvekslingen at ske på baggrund af erhvervsmæssige interesser og uden, at det i væsentlighed vil ændre ved det nuværende transportsystems karakteristika.

Tabel 4.3 Eksempler på data som skal udveksles, og varetagelsen af de forskellige roller

Data		Roller	
Beskrivelse	Dataproducent	Dataforbruger	Datafordeler
<u>Strategisk formål</u>			
Statistik om brugerne af transportsystemet (hastighed, antal, ...)	Trafikanter og vejmyndighed	Operatører, vejmyndigheder	?
Fremkommelighedsdata	Vejmyndigheder	Vejmyndigheder, operatører, erhvervsliv	?
<u>Taktisk formål</u>			
Kort-data i en opløsning tilstrækkelig for f.eks. SAE4	Staten, evt. på sigt flådeejere?	Køretøjer	Staten (via access-punkt)?
Kapacitetsinformation fra nye signaler ⁶⁰⁾	Banedanmark		Rejseplanen + VD (via access-punkt)?
Instrukser (eksempelvis miljø-/hastighedsbegrænsninger)	Operatører	Køretøjer	Vejmyndighed
<u>Operationelt formål</u>			
Midlertidige kort-data, (vejarbejde, events, etc.)	Trafikanter og vejmyndighed	Køretøjer	
Trafikinformation (kø, uheld, vejr, ...)	Trafikanter og vejmyndighed		
Forventet varighed af uheld, vejarbejder etc.	Vejmyndighed	Køretøjer	
Kommercielle kort-lag til forskellige anvendelser (f.eks. ladestationer)	Kommercielle aktører	Køretøjer	Flådeejere
Multi-modal rejseplanlægningsinformation, inkl. omlægninger, realtidsopdateringer	Operatører, både private og offentlige	Alle rejsende, uanset transportform	Rejseplanen + VD (via access-punkt)?

Bedre dataudveksling har således potentialet til at øge kapaciteten af transportsystemet, øge sikkerheden og højne mobiliteten. Hvordan dette vil påvirke omgivelserne vil især afhænge af prioriteringen af disse ønsker. F.eks. kan øget kapacitet bruges til at have den samme trafik på mindre plads (som frigiver plads til andre formål) eller at have mere trafik på den samme plads.

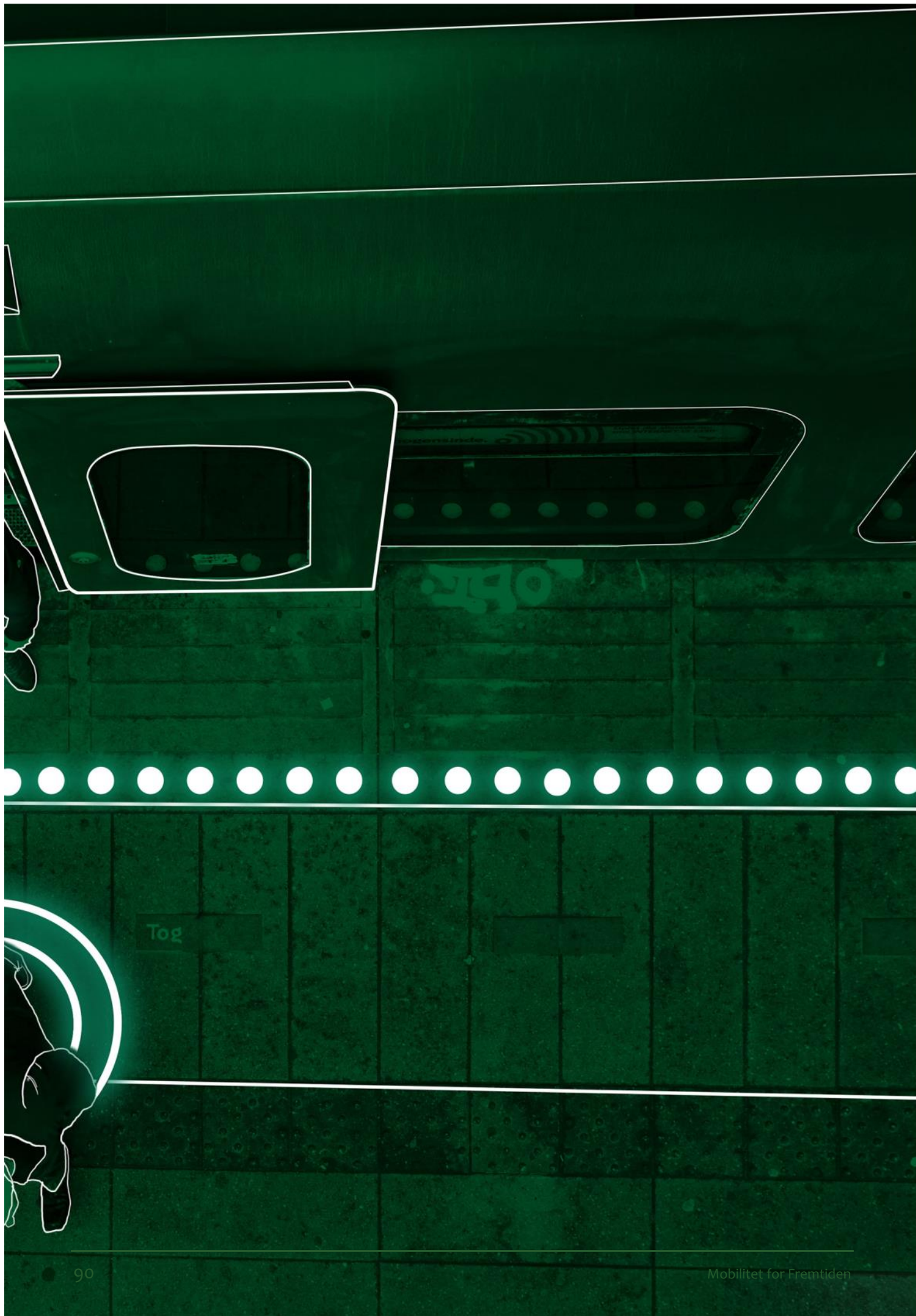
En sandsynlig barriere for dataudveksling er, at digitaliseringen af transportmidlerne alene vil fremme den enkeltes muligheder for at optimere egen situation, her forstået som egen fremkommelighed og egen sikkerhed. Og bilindustrien eller andre udbydere vil se deres data som en konkurrencefordel, der ikke som udgangspunkt skal deles. Da værdien af data i høj grad følger af skala-fordele, kan der også opstå en situation, hvor en udbyder opnår et de facto monopol, som Google har mht. søgning.

INDSIGTER

- Der hersker usikkerhed om nytten af at etablere et offentligt digitalt vejkort. Der er ikke tvivl om vigtigheden og værdien af præcise, detaljerede og opdaterede digitale kort i forhold til automatisering mv. Men eksperter på området har forskellige vurderinger af offentlige myndigheters rolle, i lyset af, at store internationale virksomheder under alle omstændigheder har store kommercielle interesser i at sætte på området.
- Der er et potentiale for bedre udveksling af infrastruktur- og trafikdata på tværs af vejmyndigheder og for at udnytte data fra trafikselskaber og private operatører til bedre trafikstyring og udvikling af nye transportløsninger. Staten bør sikre at:
 - Alle vejmyndigheders infrastruktur- og trafikdata bliver tilgængelige i et fælles format i det nationale access-punkt (NAP).
 - Der etableres en fælles datainfrastruktur for udstilling og integrering af trafikselskabers og private operatørers drifts- og passagerdata på tværs af transportformer.
 - Offentlige udbud af leverancer af mobilitetsydelser stiller krav om datadeling.
 - Private nemt og billigt kan publicere deres mobilitets-data i NAP, og at andre så til gengæld har ret til at bruge data.
 - Regler og lovgivning fremmer private operatørers og producenters interesse i at aflevere relevante data.
 - Tage stilling til, i hvilket omfang myndigheder og offentlige selskaber skal bidrage til kommunikation af rejseinformation til trafikanterne.



Tog



5 Nye forretningsmodeller

5.1 Indledning

Nye forretningsmodeller kan ændre såvel den måde vi har adgang til bil og den måde vi bruger og kombinerer de enkelte transportmidler. De nye muligheder kan bidrage til ændrede transportmønstre. Derfor er nye forretningsmodellers betydning for transportsektorens fremtid ofte i fokus. Dele-biler og samkørsel er velkendt. Men udbredelsen af trådløs intelligent kommunikationsteknologi (IKT) og digitale løsninger giver nye og mere fleksible muligheder for at vælge og betale den transportform, der passer bedst til den konkrete tur. Digitaliseringen giver nye muligheder for at tilbyde transport som service og gennem udbredelse af e-handel kan vores indkøbs- og transportmønstre ændre sig.

Internationalt har der været store forventninger til udbredelse og effekter af især dele-biler og nye mobilitetstjenester understøttet af IKT. Transportsociologer har skrevet om generelle holdningsændringer til samkørsel (ride-sharing), og en ændret betydning af biler og bilejerskab. Amerikanske undersøgelser peger således især på ændringer i kraft af forskelle mellem tidligere generationer og den såkaldte 'Generation Y', altså dem der er født i 1980erne frem til midt 1990erne. For generation Y skulle bilejerskab således være mindre vigtig end for ældre generationer. Generation Y anvender oftere nye mobilitetstjenester og er indstillede på at afhænde bilen, hvis omkostningerne bliver for store. Generation Y er til gengæld vokset op med brug af internet, brug af smartphones mv. og prioriterer disse muligheder højt⁶¹⁾.

Det er ifølge forskere ikke muligt at sige, i hvilken grad generation Y's aktuelle udtalte præferencer og forventninger bliver til reelle ændringer af transportmønstrene i fremtiden⁶²⁾. Analyser fra bl.a. OECD peger dog på, at forskellige deleordninger vil give mulighed for store effektiviseringsgevinster, herunder lave omkostninger sammenlignet med den kollektive trafik vi kender i dag, der derfor foreslås integreret i transportplaner for byområder⁶³⁾.

I forhold til delte biler og bilture må man hæfte sig ved, at antallet af personer i bilerne jf. figur 5.1 er faldet betragteligt igennem mere end 20 år, og at antallet af personbiler pr. indbygger er øget. Biladgangen og trenden for adfærdsmønstrene byder således på historisk dårlige forudsætninger for både bildeling og samkørsel. Det er derfor usikkert, i hvilken grad ændrede præferencer, teknologi og incitamentsstrukturer for at dele-biler, samkørsel og multimodalitet vil slå igennem i den samlede persontransport. Men de nye forretningsmodeller vil fremme alternativer til privatbiler i de større byer, hvor udbuddet af alternativer til privatbilen er relativt stort.

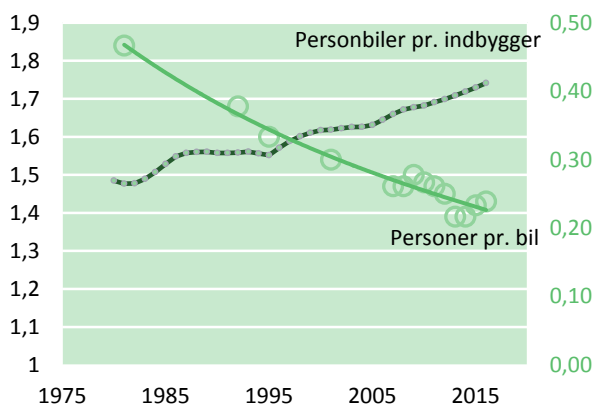
Bilejerskab kan betragtes som en investering i et varigt forbrugsgode, hvor man selv producerer sin transportydelse. Man fylder brændstof på, sørger for at bilen bliver vedligeholdt, styrer selv og vælger rute fra A til B. Bilen benyttes kun en meget beskedent del af tiden, resten af tiden står den stille enten hjemme eller ved destinationen. Bilens høje pris giver et klart incitament til at dele den, og tidligere skete det fortrinsvist gennem biludlejningsfirmaer, men billeje er ikke udbredt på grund af høje transaktionsomkostninger.

Alternativet er at købe biltransport direkte som en serviceydelse. Det vil sige som taxa-kørsel, hvor man bestiller og betaler for den konkrete tur fra A til B. Her betaler man ik-

ke som ved delebil og billeje for råderetten over bilen i en bestemt periode, men for at blive kørt fra et sted til et andet. Taxaer har en meget højere udnyttelsesgrad end dele- og lejebiler, fordi den ikke afventer hjemkørsel ved destinationen, men kører videre til næste kunde. Men på trods af en høj udnyttelsesgrad er taxakørsel dyrt, fordi lønnen til chaufføren udgør størstedelen af omkostningerne. Set i forhold til det samlede trafikarbejde udgør taxakørsel kun en meget lille del.

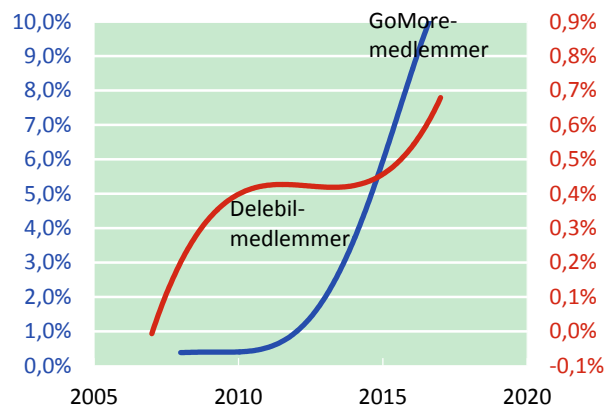
Dette kan imidlertid ændre sig i fremtiden. Det kan ændre sig, fordi automatisering af køretøjerne, når et udviklingsniveau, hvor taxaer leverer service uden en fører. Automatiserede taxakoncepter kan sænke prisen på ture væsentligt. Hvis prisen bliver meget lav, kan det betyde, at nogle fravælger bilen og kun købe transport som en service (transport-as-a-service) i form af forskellige taxakoncepter i bred forstand, typisk suppleret med kollektiv transport og eventuelt cykel. Perspektiverne for dette behandles under førerløse taxakoncepter i det efterfølgende kapitel om automatisering i afsnit 6.5.

Figur 5.1 Personer pr. bil samt bilejerskab, 1981-2016



Kilde: Vejdirektoratets undersøgelser af personer pr. bil, Transportvaneundersøgelsen (TU), samt Danmarks Statistiks opgørelser af befolkningen og personbilkøretøjsstørrelse.

Figur 5.2 Medlemmer af GoMore og af delebilordninger i hhv. andel af befolkningen og andel af befolkning over 18 år



Kilde: GoMores pressemeddelelser om medlemstal, samt Transportvaneundersøgelsen (TU).

Også i Danmark er der imidlertid en udvikling inden for kendskab til og medlemskab af nye mobilitetstilbud. I 2016 var det jf. figur 5.2 ca. 10% af befolkningen, der efter det oplyste var oprettet som brugere hos samkørsels- og delebilportalen GoMore, mens ca. 0,8% af personerne over 18 år oplyser i DTU's transportvaneundersøge (TU), at de var medlemmer af en delebilordning. En udvikling der formentligt både er understøttet af let internetbaseret adgang og markedsføring samt en væsentlig udvikling i de udbudte muligheder, f.eks. introduktionen af bybiler i København fra 2014 og frem.

Den udviste interesse som disse tal er udtryk for kan dog ikke oversættes direkte til en betydning for trafikbilledet. I 2015 blev der f.eks. på GoMore's samkørselsplatform matchet ca. 900 samkørselsture om måneden⁶⁴⁾ – svarende til under 1/100 promille af alle ture, mens delebiler på grundlag af TU kan anslås til at stå for 0,02% af det samlede biltrafikarbejde i Danmark.

I det følgende defineres en række af de nye forretningsmodeller, der kan få betydning for mobilitetens udvikling. I afsnit 5.2 beskrives således delebiler, i afsnit 5.3 samkørsel, i afsnit 5.4 Mobility as a Service (MaaS), samt endelig E-handel i afsnit 5.5. I hvert afsnit

lægges vægt på definition og koncepter, kendte sammenhænge, samt omkostninger og effekter – herunder perspektiver for forretningsmodellernes geografiske udbredelse.

5.2 Delebiler

Delebiler eller delebilisme kan defineres ved, at flere brugere på skift deles om at bruge én eller flere biler. I Danmark blev de første egentlige delebilforeninger etableret i slutningen af 1990'erne, mens de såkaldte bybiler er kommet til fra 2014. Erhvervsmæssig biludlejning har normalt ikke været betegnet som debiler. Forskellen ligger først og fremmest i adgangen, der ved den enkelte udlejning kræver forevisning af kørekort, forsikring og kontraktindgåelse. Disse ting overstås i delebilordninger ved indmeldelsen, og bilerne kan derefter benyttes ved booking og betaling igennem en platform. Tilsvarende kan private debiler igennem IT platforme give let adgang til at leje eller dele en bil privat for en aftalt periode. Der kan skelnes mellem tre former for debiler, som er nærmere beskrevet i boksen:

- Private debiler ('Peer-to-peer')
- Bybiler ('free floating')
- Debiler med fast stamplads

Tre former for debiler.

Peer-to-Peer debiler. Private debiler er en delemulighed, der ser ud til at være i vækst i kraft af de muligheder, som nye og bedre IT platforme for udbud og booking tilbyder. I Danmark koordinerer f.eks. GoMore og SnappCar denne udlejning. Den enkelte bilejer kan udbyde sin bil til interesserede lejere, og den enkelte lejer kan finde en bil, der udlejes til en ønsket pris, i en ønsket periode, i nærheden af f.eks. egen bopæl. Det skønnes, at der i 2018 mellem 5.000 og 10.000 private debiler i Danmark.

Bybiler. Bybiler betegnes også som 'free floating car-sharing' og karakteriseres ved, at de kan hentes eller afleveres hvor som helst inden for deres serviceområde. Online kort som grundlag for at finde og booke en ledig bil er dermed en nødvendig og integreret del af ordningen. Registrerede brugere af ordningen kan booke og hente en bil inden for serviceområdet. Brugerregistrering har for mange været enten gratis eller krævet betaling af et symbolsk beløb. Anvendelse af en bil betales efter det antal minutter, man har brugt bilen. Der arbejdes dog blandt bybil udbydere også på at introducere såkaldte 'flat-rate' abonnementer, hvor et vist kørselsomfang forudbetales hver måned. I Danmark er der i 2018 ca. 850 bybiler i hovedstadsområdet.

Debiler med fast stamplads. Her ejes bilerne enten af en delebilforening eller boligforening og placeres på stampladser, der kan tilgås af foreningens medlemmer. Medlemmerne har derefter adgang til at booke bilerne, samt hente og aflevere dem igen på stampladsen efter endt anvendelse. Der er ofte knyttet et gebyr til indmeldelse i en delebilforening, men der har været udbudt medlemskaber både med og uden faste månedlige udgifter. Anvendelse af en bil betales af medlemmet med afregning efter både kørt km og timers anvendelse, med takster der afhænger af abonnementsformen. I Danmark har debiler med fast stamplads ofte været støttet af kommunen med fx gratis parkering på stampladsen, i forventning om at delebiltilbuddet bidrager til at reducere trængslen i byen. Der er i 2018 knap 500 debiler og ca. 10.000 medlemmer af delebilforeninger i Danmark.

Debiler udgør kun en meget beskeden andel af det samlede trafikarbejde. Udbuddet af debiler er dog vokset betydeligt de seneste år i kraft af introduktionen af de nye koncepter.

- Antallet af debiler med fast stamplads har udviklet sig i et relativt roligt tempo, og brug af debiler ligger i Danmark et stykke under niveauet for f.eks. Tyskland. Det typiske danske medlem af en delebilordning med fast stamplads bor i København, har et relativt højt uddannelsesniveau, høj indkomst, er i alders-

gruppen 30-50 år, har børn og har kort til sin arbejdsplads såvel som den nærmeste station. De væsentligste motiver for at være delebilist er ifølge DTU den økonomisk fordelagtige adgang til bil og komforten ved f.eks. parkeringsmulighed og fravær af vedligeholdelsesforpligtigelser⁶⁵).

- Medlemmer og brug af *bybilordninger* er endnu ikke beskrevet i en dansk sammenhæng, men tyske erfaringer peger på, at disse er yngre end medlemmer af delebilordninger med fast stamplads og oftere er mænd⁶⁶). Det kan afspejle en overgangsperiode, men fortæller uanset, at bybiler tiltrækker nye brugergrupper.
- Anvendelsen og betydningen af peer-to-peer biludlejning har så vidt vides ikke hidtil været undersøgt eller opgjort systematisk. Der er heller ikke adgang til dansk statistik, der kan beskrive udviklingen i brugsomfanget.

Effekter af delebiler

Det er usikkert hvilken betydning, delebiler har på den samlede biltrafik:

- På den ene side øges bilkørslen af nye brugere, som alternativt ikke ville have haft bil.
- På den anden side må man alt andet lige forvente, at bilkørslen bliver mindre med en delebil som alternativ til privat bilejerskab, fordi de variable omkostninger per kilometer bliver højere, mens de faste omkostninger er mindre.

Omvendt giver delebilsordninger personer med kørekort adgang til at køre bil uden at skulle investere i en bil. Uden denne barriere opstår der mulighed for, at flere end ellers vil køre i bil. Det vil give samtidig bedre mobilitet for personer, der i dag ikke har bil.

Ved et stort kørselsbehov vil privat bil typisk være billigere. I forhold til privat bilejerskab introducerer brug af delebiler også en række transaktionsomkostninger for brugeren. Delebyler skal bookes, hentes og afleveres. Bybiler skal også bookes, hentes og afleveres igen inden for serviceområdet. Intelligent kommunikationsteknologi har reduceret disse omkostninger væsentligt igennem apps, elektroniske låse og betalings-services. Men der er stadig ekstra løbende omkostninger, som skal betales, herunder ikke mindst rengøring. Hertil kommer en komfortomkostning knyttet til den delte bil, der ikke giver mulighed for personlig tilpasning eller opbevaring af personlige effekter eksempelvis barnestole i bilen. Netop muligheden for den personlige tilpasning ved privat bilejerskab har stor betydning for en række bilister.

Kombinationen af time- og km-betaling, der inkluderer vedligeholdelsesudgifter o.l., for delebiler betyder, at det er relativt dyrt at benytte delebiler med fast stamplads til aktiviteter af længere varighed – f.eks. arbejde. Bybiler fjerner denne problemstilling, hvis målet for turen er inden for serviceområdet. Til gengæld er bybiler dyre til større kørselsomfang, fordi de har en høj minutpris på kørslen, som tager højde for omkostninger til parkering og omfordeling af bilerne inden for serviceområdet.

For private delebiler formidlet gennem internetportaler som f.eks. SnappCar kan effekten delvist sidestilles med de øvrige delebiler. Flere får således adgang til at låne eller leje en bil uden selv at skulle investere. De private delebiler byder på et større spænd af biltyper, aftaletyper og prisstruktur. En bil kan lejes til én eller flere dages brug til en lave pris end en delebil og med flere mulighed for at aftale en prisstruktur, der svarer til den ønskede anvendelse. Den større variation og bredde må dog også ses som en omkostning, idet der skal bruges mere tid på at finde en aftale, som passer til behovet.

Med henblik på at undersøge en hypotese om, at delebiler kan reducere den samlede bilbestand har forskere rapporteret resultater, der peger mod et reduceret bilejerskab blandt brugerne af delebilordninger⁶⁷⁾. Ifølge disse resultater erstatter både delebiler med fast stamplads og bybiler flere private biler. Nogle forskere peger på dog på, at effekten er mindre for bybiler end delebiler med fast stamplads⁶⁸⁾.

Flere undersøgelser peger også mod reduktioner i medlemmernes samlede bilkørsel. Her må betydningen dog anses for mere usikker, idet effekterne afhænger af, hvilken succes ordningerne har med at tiltrække bilejere eller kommende bilejere – versus personer der alligevel ikke ville have haft bil. I den danske sammenhæng har forskellige undersøgelser givet forskellige resultater⁶⁹⁾. Incitamentsstrukturen mht. omkostningsstruktur, adgang, parkeringsbegrænsninger og alternativer er formentligt afgørende, hvilket gør overførsel af udenlandske erfaringer til Danmark vanskelige.

Fremtidsperspektiver for delebiler

Med udgangspunkt i at delebiler kan erstatte flere private biler, kan der imidlertid være argumenter for, at en større udbredelse af delebiler i de tætte byområder kan være med til at frigøre arealer, der hidtil har været anvendt til parkering, til andre anvendelser. Delebiler kan dermed spille en rolle i byernes arbejde med at udvikle og forbedre byrummene⁷⁰⁾.

Debilers attraktivitet for brugerne forudsætter

- korte afstande til delebilerne, dvs. mange brugere pr. arealenhed og dermed typisk høj befolkningstæthed; og
- lavt kørselsbehov og dermed, at der er gode alternativer til bil i området.

Delebiler må derfor forventes at være knyttet til de store byer i Danmark. Dette ses også i sammensætningen af de danske delebilister i dag og i sammenhængen mellem udviklingen i delebiludbuddet og befolkningstæthed, der er dokumenteret i Tyskland⁷¹⁾. Det er også i de store byers tætte områder, at der kan være de største interesser i at frigøre parkeringsarealer til andre formål.

Forudsætningerne er formentligt særligt kritiske for bybiler, der er afhængige af en stor masse af ture inden for deres serviceområde. Bybilvirksomheden Car2go forlod København i 2016 med henvisning til, at antallet af ture var for lille til at opretholde ordningen. De aktuelle udbydere benytter større serviceområder og satser formentligt på at udvide markedet ad den vej, men der er f.eks. ikke kendskab til planer om etablering af bybilkoncepter i andre danske byer, der alle må forventes at have et mindre kundeunderlag end den centrale del af hovedstadsregionen.

For længere ture ud af byen er delebiler og bybiler generelt dyre at benytte, især hvis de er forbundet med et længerevarende ophold. Peer-to-peer delebiler kan her være et billigere alternativ. Men adgangen til et udvalg af disse biler vil fortsat i et vist omfang afhænge af bymæssighed for at undgå store transaktionsomkostninger og besvær knyttet til at afhente en privat delebil. Høj hyppighed af private delebiler kan dog være med til at sprede udvikling til forstæder og mindre byer.

Tidligere undersøgelser har anslået potentialet for delebiler på baggrund af socioøkonomisk profil, afstand til arbejde og afstand til station i befolkningen. En undersøgelse⁷²⁾ peger på, at 10% af befolkningen mellem 18 og 64 år har samme karakteristika som delebilister. Andre⁷³⁾ har anvendt markedsanalyser af væksten i deleøkonomien knyttet

til transport som grundlag for fremskrivning af antallet af danske delebilmedlemmer. Anvendes en forudsætning om en globale vækstrate inden for debiler på 20% om året til at fremskrive de ca. 60.000 dele- og bybilmedlemmer i 2015, bliver det til ca. 500.000 medlemmer på ti års sigt. Så høje vækstrater for danske debiler kan måske ikke realiseres, da der i Danmark er få store byer som bybilordninger kan spredes til. En fremskrivning baseret på vækstforventninger for deleøkonomi inden for transport peger mod 200.000 eller flere debilister inden for 10 år.

Men antallet af brugere siger ikke i sig selv noget om, hvor mange debiler det vil give anledning til, eller hvor meget det vil kunne reducere bilparkens størrelse. En indikation af det maksimale potentiale for debiler kan man få ved at tage udgangspunkt i, at ca. 63% af de beskæftigede ifølge TU tager bilen som fører, når de skal på arbejde. Dermed er der ca. 1,7 mio. biler, hvor det er meget svært at få ejeren af den private bil til i stedet at vælge en debil. Blandt de resterende ca. 700.000 biler er det jf. ovenfor fortrinsvist i de tættere befolkede dele af Hovedstadsområdet og i de større byer, at der er et potentiale for at få en del af bilejerne i stedet vælger en debil.

Parkeringspolitik kan have væsentlig indflydelse på antallet debiler. Tiltag, der favoriserer og målrettet reserverer plads til eller reducerer omkostningerne for debiler, vil generelt øge udbredelsen af debiler. Hertil hører også prisforskellen mellem parkering for private biler versus debiler. De nuværende lave priser på parkering i de tætte byområder, hvor prisen på beboerlicenser ligger langt under markedsværdien, må generelt anses for at være en forhindring for udbredelsen af debiler.

Udbredelsen af debiler som erstatning for private biler vil kunne reducere antallet af parkeringspladser, hvilket i særlig grad vil være relevant i større byer, hvor der er konkurrence om arealanvendelsen, og hvor mange private biler ofte er langtidsparkerede. Nem og billig parkering svækker incitamenter til brug af debilsordninger, mens parkeringspolitikken er et vigtigt instrument til at opnå fordelene.

For private debiler gælder i dag den regel, at bilejeren beskattes af indtægterne fra udlejningen, men at udgifter i forbindelse med bilens drift kan fradrages proportionalt med antallet af kørte km under udlejningen. Der bliver dermed hurtigt behov for kørebog og et større regnskab, der kan være med til at reducere antallet af private debiler. En lettelse af denne administrationsbyrde vil formentligt også kunne virke for at øge antallet af private debiler og brugere.

INDSIGTER

- Delebiler udgør i dag kun en lille andel af den samlede biladgang, men er i kraftig vækst. Væsentlige drivkræfter for udviklingen er udviklingen af IKT-platforme, der gør deling af biler lettere, kombineret med mangel på parkeringsmuligheder. Vigtige kriterier for, at delebilsordninger er en attraktiv løsning for brugeren er især, at der er ikke dagligt behov for at køre bil og at der er god adgang til alternativer til bil som f.eks. cykel og kollektiv transport.
- Delebilskoncepter øger mobiliteten for byboere, som ellers ikke ville have bil. Disse brugere øger biltrafikken, mens de brugere, der fravælger egen bil, kører mindre. Den samlede effekt på trafikken kan således gå begge veje. Øget udbredelse af delebiler vil derfor ikke nødvendigvis reducere trængslen i byerne.
- Forretningskoncepterne for delebiler er betinget af en høj tæthed af brugere, og at brugerne ikke har behov for bilen dagligt. Men selv i de største byer er delebilernes andel af bilparken, det samlede antal ture og trafikken i dag meget begrænset.
- Koncepter baseret på både privatejede biler og kommercielle flåder vinder frem, fortrinsvist i de største byer. Byerne vil også på sigt være det primære udbredelsesområde.
- Adgangen til bil er generelt vigtigt for mobiliteten, også for mange beboere i centrum, selv om de for det meste benytter cykel eller kollektiv transport til de lokale ture.
- De fleste byboere foretrækker fortsat at have privat bil frem for delebil, da det giver større fleksibilitet og lavere variable kilometeromkostninger i forhold til delebiler. Derfor ses der stadig mange private biler langtidsparkerede på offentlige veje. Omfanget af 'weekend-biler' hænger blandt andet sammen med priserne på beboerlicenser, som i dag er meget lavere end markedsprisen på parkeringspladser.
- Delebiler kan give mindre behov for parkeringspladser. I de største byer kan det udnyttes til at reducere parkeringssøgetiden eller frigøre knappe arealer til andre formål. Digitale platforme og nye forretningskoncepter giver nemmere adgang til delebiler.
- Højere pris på beboerlicenser vil få nogle bilejere med begrænset kørselsbehov til at fravælge privat bil. Med delebil som alternativ mindskes ulemperne herved, hvilket øger effekten.
- Hvis den højere pris på beboerlicensen afspejler værdien af den frigjorte parkeringskapacitet, vil det samlet set give en samfundsøkonomisk fordel. De øgede omkostninger for dem, der fortsat har bil, modsvares af et tilsvarende offentligt provenu.

5.3 Samkørsel

Samkørsel har ofte været en politisk prioritet i sammenhæng med bæredygtig transport. Som nævnt ovenfor falder antallet af personer pr. bil imidlertid. Udviklingen med nye forretningsmodeller og nye muligheder inden for online betaling, positionering, digitale kort, mobile enheder mv. giver dog nye muligheder for at matche ture til samkørsel og reducere besvær og andre typer af transaktionsomkostninger.

Samkørsel kan defineres ved at flere personer får opfyldt et behov for transport ved at dele eller følges i den samme personbil. Samkørsel adskiller sig dermed fra hente-bringe kørsel, taxakørsel og de såkaldte 'ride-hailing services' (Uber, Lyft o.l.) ved at både fører og passager har et behov for transport, der opfyldes med turen. Taxaer kan dog anvendes til samkørsel, idet flere personer kan dele samme taxa. I denne afgrænsning af sam-

kørsel ses der bort fra familiesamkørsel eller fællesøkonomisk samkørsel, der uomtvisteligt er den mest almindelige måde at være flere personer i bilen på. Familiesamkørsel er imidlertid karakteriseret ved en sammenhæng i behov, der gør samkørslen vanskelig at analysere og betragte som alternativ til andre transportformer.

Der skelnes i det følgende mellem tre former for samkørsel, som er nærmere beskrevet i nedenstående boks:

- Åben peer-to-peer samkørsel
- Kollega samkørsel
- Deletaxaer

Bilpassagerens relation til føreren:

Samme husstand:	70%
Ven, nabo, slægtning:	22%
Arbejdskollega:	4%
Andre:	3%

Kilde: Transportvaneundersøgelsen

Tre former for samkørsel:

Åben peer-to-peer samkørsel. Her sker der et udbud af ture, og koordinering af tilmelding eller booking gennem IT platforme. GoMore, Pendlernet, BlaBlaCar er eksempler på denne form for samkørsel. Pendlernet er etableret i slutningen af 1990'erne og har ca. 10.000 aktive brugere. GoMore er etableret i 2005, men udviklet og ændret flere gange. GoMore har, som anført ovenfor i figur 5.2 haft stor vækst i antallet af brugere i en årrække og har i 2017 nået over 600.000 brugere.

BlaBlaCar er en af de største samkørselsplatforme i Europa og endnu ikke etableret i Danmark.

Kollegasamkørsel. Her koordineres samkørslen med udgangspunkt i en fælles destination, der ofte vil være arbejdspladsen. Samkørsel til arbejde har typisk været en del af den politiske indsats med pendlerplaner og mobilitetsplaner i Danmark og udlandet. Der kan anvendes IT platforme, elektroniske opslagstavler o.l., og dermed er der vist overlap med åben per-to-peer samkørsel. Men en væsentlig del af grundlaget for denne samkørsel er formentligt den fælles destination, og at man er kolleger med dem, man kører sammen med. Ifølge TU var ca. 3% af alle personture i bil til arbejde i 2016/2017 samkørsel med en kollega. Hertil skal lægges samkørsel til fælles destinationer i fritiden.

Deletaxa. Her koordineres taxature så flere personer, der ikke i øvrigt følges ad, kan benytte samme taxa til en lavere pris pr. person. Kommercielle deletaxatilbud er ikke udbredt i Danmark, men har dog været anvendt til f.eks. lufthavnsture i nogle dele af landet. Deletaxaer er i dag mere udbredt som en del af den kollektive trafik i tyndt befolkede områder i form af flex-ture efter aftale med kommune og trafikskabskab. I udlandet indgår deling i valgmulighederne hos f.eks. Uber (Uber-Pool) i storbyer, hvor kundegrundlaget er stort nok til at tilbyde billigere og delte ture med begrænset ventetid eller omvejskørsel.

Deletaxa er erhvervsmæssig befordring med krav til chaufføruddannelse, forsikring, og køretøjernes indretning. Dette gør sig ikke gældende for samkørsel, hvor muligheden for at modtage betaling for at have passagerer med i egen bil er begrænset til passagers andel af turens direkte udgifter.

Samkørsel har i årtier haft politisk interesse, fordi det kan give energibesparelser, reduceret biltrafik og større bæredygtighed inden for persontransport. Det har været fremhævet som en måde at reducere sektorens CO₂ emission og energiforbrug uden store investeringer. Der har været variation i de politiske tiltag, som først og fremmest har været koncentreret om:

- et blandt flere virksomhedsrettede eller arbejdspladsrettede tiltag, og som
- en mulighed for at forbedre transportmulighederne på landet, hvor den konventionelle kollektive transport giver få muligheder⁷⁴).

- etablering og information om samkørselspladser i tilknytning til statsvejene. Tællinger på Sjælland i 2014 viser, at disse pladser med en gennemsnitlig belægningsprocent på 53% eller ca. 700 biler parkeret i dagtimerne bliver brugt af pendlerne i regionen.

Der foreligger ikke detaljerede undersøgelser af forskelle inden for de tre former for samkørsel i Danmark, men internationale undersøgelser peger mod væsentlige forskelle mellem åben peer-to-peer samkørsel og kollega-samkørsel:

- I den åbne peer-to-peer samkørsel formidlet igennem en internetplatform har brugerne lang uddannelse, er unge og ofte studerende. De lave omkostninger spiller en væsentlig rolle for valget af samkørsel, kombineret med et socialt motiv: at køre sammen med eller hjælpe andre. Turene er ofte lange fritidsture, der foregår sjældent og kræver en vis grad af planlægning⁷⁵⁾.
- Samkørende til arbejde o.l. er oftere kvinder, der tilbagelægger en større afstand til en stor arbejdsplads. Sammenhænge med faktorer som alder og indkomst har været uklare.

Spørgsmål om, i hvilket omfang samkørsel anses for at være en behagelig eller ubehagelig social situation, nævnes af mange som et vigtigt aspekt. Der synes at være meget forskellige opfattelser af samkørsel i befolkningen: fra upålideligt, usikkert og socialt anstrengende, til billigt, fleksibelt, og komfortabelt⁷⁶⁾. Forskellene antyder forskellige erfaringer med samkørsel og formentligt forskellige værdisætninger af transaktionsomkostninger og samkørslen som social situation eller som gæst i andres bil.

Udenlandske undersøgelser⁷⁷⁾ peger på, at de tiltag, der har været gjort for at fremme samkørsel, har betydning for omfanget af samkørsel; for eksempel hjælp til at finde samkørselspartner, særlig parkering til samkørselsbiler, garanteret hjemtransport mhp. at sikre fleksibilitet for samkørende, samt de såkaldte 'High-occupancy-Lanes' (HoV), der benyttes i bl.a. USA, og giver prioritet til biler med mere end en person. De danske og svenske erfaringer med politisk at fremme samkørsel tyder på få succeser og eksempler på, at projekter er løbet ud i sandet på grund af manglende opbakning, kritisk masse i projekterne el.lign.⁷⁸⁾

Effekter af samkørsel

I lighed med private delebiler kan samkørsel både være med til at give flere adgang til billig transport i bil og til at mindske bilejerens omkostninger til kørslen, hvilket også kan give flere mulighed for at have bil. Det må derfor forventes, at samkørsel kan bidrage til øget persontransport i bil. Betydningen af samkørsel for biltrafikkens omfang afhænger derefter af, i hvilket omfang passagerer i samkørsel lader egen bil stå for i stedet at køre sammen med andre, og i hvilket omfang bilister, som tilbyder samkørsel, anvender betalingen fra samkørsel i egen bil til at finansiere mere kørsel.

Åben peer-to-peer samkørsel er forbundet med høje transaktionsomkostninger og anvendes primært til lange ture. En sammenligning foretaget af rådgivningsvirksomheden Incentive⁷⁹⁾ indikerede, at samkørsel svarer sig for føreren ved ture over lange afstande, hvor passagerens bidrag til brændstof mv. kan opveje besvær og ekstra tidsforbrug m.v. For mange samkørende passagerer på disse lavfrekvente, lange ture, må det væsentligste alternativ til samkørsel forventes at være kollektiv transport eller ingen tur. Samkørsel må forventes at erstatterkørsel alene i egen bil, men formentligt især ved at føreren tager passagerer med – og kun i lille grad ved, at en fører skifter til passager-sædet i andres bil. Åben peer-to-peer samkørsel skaber derved med stor sikkerhed stør-

re mobilitet, og frigør kapacitet i den kollektive trafik, men det må anses for usikkert, om det i dagens situation reducerer eller forøger den samlede biltrafik.

Kollega samkørsel har større mulighed for at gentage aftaler og dermed reduceres transaktionsomkostningen. Det fremmer udbredelsen, men på den anden side møder særligt denne form for samkørsel også konkurrence fra den kollektive trafik, som har gode muligheder for at betjene hovedstrømmene til og fra arbejde og samtidigt tilbyder billigere priser til daglige brugere. Segmentet, hvor kollega-samkørsel er attraktivt, bliver dermed smalt, idet bopæl, arbejdssted, rutiner og mødetider skal matche. Samtidig skal turen være lang og det kollektive tilbud relativt dårligt. Til gengæld kan samkørsel til arbejde over længere afstande give en væsentlig privatøkonomisk fordel, der især kan være vigtig for mellem og lavindkomstgrupper, hvis arbejdspladser måske sjældnere er at finde i bycentrene, hvor kollektivbetjeningen er god. I lighed med åben peer-to-peer samkørsel skønnes det derfor, at kollega samkørsel bidrager til større mobilitet, frigør kapacitet i den kollektive trafik – og at det også her er usikkert, om det samlet set reducerer eller forøger den samlede biltrafik.

Deletaxa giver mulighed for en reduceret transportudgift i forhold til konventionel taxakørsel, men indebærer til gengæld omvejskørsel ventetid el.lign. Delingen forudsætter en stor kritisk masse af ture for at muliggøre match med lille ventetid eller omvejskørsel. Studier af taxakørsel i New York har vurderet muligheden for at reducere trafikken igennem deling⁸⁰⁾. Samlet skønnes 98% af de nuværende ture at kunne afvikles med ¼ af taxaflåden og en ventetid på 2,8 minutter pr. tur, samt en omvej på 3 et halvt minut pr. tur. Den høje turtæthed i centrum af metropoler kan give relativt fordelagtige forudsætninger for delekoncepter. En høj pris på taxamarkedet vil give incitamenter til at deles om udgiften, men kan omvendt indikere, at eksisterende taxakunder har en stor betalingsvillighed for hastighed og fleksibilitet, hvilket ikke understøtter deling.

Erfaringer fra USA viser dog, hvordan samkørselstjenester er i stand til at matche ture på en måde, som er i stand til at tilbyde kortere ventetider og større pålidelighed og dækning end eksisterende taxaer⁸¹⁾. Det er formentligt en vigtig forklaring på deres succes i flere byer. I Danmark fungerer deletaxaer i dag ofte som et relativt begrænset tilbud, der forudsætter ventetid, og dermed har en begrænset fleksibilitet og attraktivitet for personer, der har andre muligheder for transport. Studier af de amerikanske erfaringer med deletaxier viser, at

- disse transporttjenester har opnået relativt stor udbredelse i bybefolkningen, men først og fremmest blandt de yngre og veluddannede, der bor i de tættere dele af byerne.
- tjenesterne bruges bl.a. for deres hastighed og pålidelighed, og for at undgå problemer med parkering.
- turene er billigere end taxa og erstatter både taxature, bilture og kollektiv transport⁸²⁾.
- brugerne har oftere bil end rene kollektiv brugere, men erfaringer fra lukning af tjenesterne i Austin, Texas peger på, at de også har været med til at reducere den private bilpark⁸³⁾.

Fremtidsperspektiver for samkørsel

Samkørsel er i dag især fordelagtigt ved lange ture på over 100 km mellem store byer, men et større udbud af ture kan generelt være med til at gøre samkørsel attraktivt på kortere ture og mellem mindre byer. De lange ture er en lille del af den samlede transport, og samkørsel med andre end kolleger og familie er generelt den mindste del af

samkørslen. Dermed er åben-peer-to-peer samkørsel indtil videre et niche-marked i forhold til den samlede transport.

Kollega-samkørslen er ifølge TU reduceret fra ca. 5% til ca. 3% af persontransportarbejdet i bil i perioden 2006-2016. Det er dog tal, der er behæftet med stor usikkerhed. En positiv økonomisk udvikling og billiggørelsen af bilejerskab og kørsel spiller formentlig en væsentlig rolle, men der foreligger ikke nærmere undersøgelser af udviklingen.

Med en vækst i den åbne peer-to-peer samkørsel på lange ture og en stagnerede eller negativ udvikling i samkørsel til hverdag, til arbejde o.l. forventes samkørsel at forblive en lille del af den samlede transport inden for en 10-årig horisont. Dette gælder også, selv om der regnes med høje vækstrater for samkørsel på åbne platforme svarende til f.eks. forventninger til udviklingen inden for delebiler eller en vækst på godt 30% om året, som antydtes af GoMores brugerstatistik. Det skyldes først og fremmest, at udgangspunktet er lavt i forhold til den samlede transport.

Modernisering af de elektroniske platforme, smartphones, grønne forbrugere, urbanisering, deleideologi og en befolkning, der i stigende grad er vant til at benytte IT og kommunikationsteknologi i alle sammenhænge, må forventes at være et aktiv i forhold til udvidet samkørsel. Derimod forventes samkørslen også at reagere på den forventede indkomstvækst og prisudviklingen på bilkørsel og kollektiv trafik, herunder bilkøb, energipriser, Storebæltstakster og takstændringer, der udgør rammeforudsætninger for hvornår samkørsel er økonomisk attraktiv.

Den begrænsede betaling for samkørsel, der baseres på andelen af de variable udgifter for turen, er i sig selv med til at holde prisen for at køre sammen lav, men er formentligt også med til at holde udbuddet af ture til mulige passagerer nede. Problemer med at opnå en kritisk masse af deltagere, så der kan matches ture rapporteres som en gennemgående barriere for samkørsels-projekter⁸⁴).

Samkørsel har stadig forholdsvis lille betydning i det samlede billede. Hvis man muliggør mere fri prissætning f.eks. kombineret med et grundfradrag, der omfatter tidsomkostninger for chaufføren, vil det sandsynligvis blive mere attraktivt at tilbyde kollega- og 'peer-to-peer' samkørsel, f.eks. til længere pendlerture på tværs af forstæder og i land-områder, hvor mange ture er relativt lange. Dette vil potentielt kunne sikre bedre mobilitet for personer, der ikke har adgang til bil i områder, hvor den kollektive transport ikke kan konkurrere med personbilismen.

Udbredelse af samkørsel i deletaxaer afhænger formentligt af en kombination af væsentligt lavere direkte udgifter til turen og en udbredelse eller kritisk masse, der kan reducere ventetid og omvejskørsel til et meget lavt niveau. Som det fremgår i kapitel 6 er det netop denne mulighed, som mange forventer udnyttet gennem førerløse taxakoncepter i de kommende årtier. Bl.a. forventes en kombination af førerløse taxaer, hvor med udgifterne til chaufførløn kan spares, og højere udnyttelsesgrad af delte køretøjer, at reducere omkostningerne pr. bilkilometer så meget, at det potentielt kan konkurrere med kørsel i egen bil.

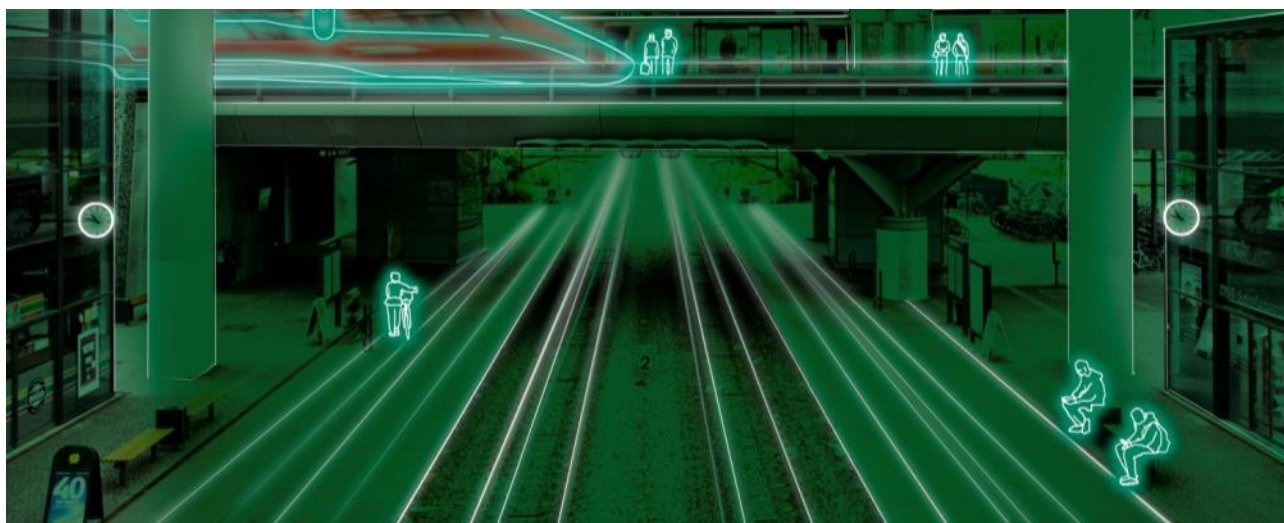
INDSIGTER

- Samkørsel på kortere ture begrænses af reglerne for erhvervsmæssig personbefordring og skattelovgivningen. Samkørselstjenester er stort set begrænset til lange ture. På korte og mellemlange ture er den tilladte betaling ikke tilstrækkelig til at opveje besværet ved koordinering, ekstra tidsforbrug m.v. Udbredelse til disse ture kan forøge mobiliteten for personer uden adgang til bil, især uden for de større byer og på tidspunkter, hvor det kollektive transporttilbud er svagt.
- Samkørselstjenester har gennem flere år været i stor vækst, men de udgør i dag en meget lille del af det samlede transportarbejde. Turene foregår hovedsageligt mellem store byer på tværs af landsdelene.
- Mobilitetsgevinster ville kunne fremmes allerede i dagens situation ved øget samkørsel på korte og mellemlange ture. De økonomiske incitamenter for bilføreren kan øges gennem regelændringer, som muliggør højere betaling for samkørsel på kortere ture. For privat samkørsel må betalingen i praksis være skattefri, men op til en daglig beløbsgrænse for at undgå at anspore til ubeskattet taxabeskæftigelse.

5.4 Mobility-as-a-Service (MaaS)

Ved 'Mobility as a Service' (MaaS) forstås i udgangspunktet en ordning, hvor transport købes på abonnement, som det kendes fra f.eks. mobiltelefoni. Andre mobilitetsserVICES kan ses som varianter af MaaS. I sin rendyrkede form er MaaS et abonnement, hvori kollektiv transport er et kerne-element, der suppleres af alternativer som delebiler, samkørsel, taxa og bycykler. Med udgangspunkt i, at der er og vil være tale om forskellige udviklings og ambitionsniveauer for MaaS, kan der skelnes mellem fire trin. Se boks for uddybning:

- Abonnement MaaS
- 'Pay-as-you-go' MaaS
- Multimodal rejseplanlægger
- Sammenhængende rejser med flere transportformer



Fire varianter af MaaS:

Abonnement MaaS er en ordning, hvor transport er en service, man køber på abonnement, helt som man kender det fra mobiltelefonabonnementer. MaaS tilbyder forskellige transportabonnementer, der matcher det personlige transportbehov. Brugeren kan sammensætte sin transport inden for abonnementets rammer og på tværs af de transportformer, der er indeholdt i abonnementet, som kollektiv trafik, by- og delebil, lejebil, taxa m.v. I praksis formentligt en fast betaling for forbrug op til et antal km af hvert transportmiddel. Al booking og betaling foregår gennem MaaS udbyderen. Og MaaS-udbydere udbyder transporten på vegne af mobilitetsudbydere.

Pay-as-you go MaaS er en light udgave af MaaS, hvor tilbuddene er samlet på én platform, hvor trafikanterne booker og betaler via platformen for hver transportydelse de forbruger. Igen vil MaaS-udbyderen udbyde transporten til trafikanten på vegne af mobilitetsudbydere.

Multimodal rejseplanlægger, der kan give trafikanterne information om transportmuligheder på tværs af mobilitetsudbydere. Som den rene rejseplanlægger indeholder løsningen ikke betaling af transportydelsen. Men kan indeholde en tegnebogsløsning, hvor trafikanten sømløst foretager betalingen for rejsen hos mobilitetsudbydere, f.eks. baseret på at den rejsende har givet tilladelse til at de enkelte udbydere trækker det forbrug, den rejsende køber i appen på dankort el.lign. Nordjyllands Trafikselskab (NT) arbejder med at udvikle en multimodal rejseplanlægger (MinRejseplan), der giver trafikanten information om rejsetid, pris m.v. på tværs af de mobilitetsudbydere, der er omfattet af forsøget. Og hvor betalingen foregår direkte hos udbydere af transporten. I NT's rejseplanlægger-app, indgår rutebunden kollektiv trafik, Flextur, 'Den Samlede Rejse', der kaldes Plustur i NT, samt samkørsel via GoMore og muligvis også fjernbusser. Taxa forventes at indgå på et tidspunkt, og der er ambitioner om senere at integrere fly, færger og delebiler.

Sammenhængende rejser der indeholder forskellige transportmidler. Bustrafikselskaberne er i gang med at udrulle 'Den Samlede Rejse', hvor en Flextur kan benyttes til nærmeste kollektive trafikknudepunkt, hvor rejsen fortsættes med bus eller tog. DSB arbejder med at introducere nye dør-til-dør tilbud, der supplerer togturen med fx taxa, delebil og delecykel.

Den optimistiske forventning til MaaS er, at der vil være tale et generelt skift i forbruget af transport fra at være baseret på privat ejerskab af transportmidler til at være en ydelse, der købes på abonnement. MaaS hænger dermed også sammen med forventninger til udviklingen i delebiler og samkørsel.

Forskere har karakteriseret MaaS som et brugercentreret og datadrevet mobilitetsparadigme, der kræver udbredt anvendelse af smartphones, mobildata netværk, samt sikre, dynamiske og opdaterede informationer om transportmuligheder og køreplaner. MaaS baseres på en digital platform, der integrerer planlægning af ture fra start til slut med booking, elektronisk billet og betaling på tværs af alle transportformer, offentlige og private⁸⁵). Det betyder bl.a., at grænserne mellem de forskellige transportformer vil blive mere flydende, og synergi mellem kollektiv trafik, delebiler og andre transportløsninger vil kunne styrkes gennem MaaS-løsninger. I studierne af MaaS har synes vægten hidtil at have ligget på de organisatoriske og tekniske udfordringer, mens der er rapporteret få resultater mht. brugeradfærd og betydning for transport. En undtagelse er det svenske 'Ubigo' MaaS forsøg, der afprøvede en samlet pakke af offentlig transport, delebiler, taxa og billeje i et abonnement til 83 husstande med i alt 195 personer i seks måneder i 2013/14. Som det fremgår af boksen nedenfor, reducerede deltagerne gennem forsøget deres anvendelse af private biler og øgede deres anvendelse af andre transportmidler.

MaaS forsøg i Gøteborg 2013-2014 og i København i 2017

Deltagerne havde generelt overvurderet deres behov for at køre i bil og ændrede i løbet af forsøget deres tilgang og holdninger til transport. Forsøget fik ifølge evalueringen deltagerne til at føle at de havde flere transportalternativer til deres rådighed. Afstanden til delebiler som supplement/alternativ til kollektiv transport var dog et kritisk aspekt for nogle, selv om deltagerne i udgangspunktet var blevet udvalgt med henblik på at have adgang til forsøgets transporttilbud⁸⁶⁾.

Et andet forsøg blev gennemført af Region Hovedstaden i 2017 ved at give deltagere fra udvalgte områder i Københavns og Frederiksberg kommuner adgang til en pakke af rabatter og tilbud på delebil medlemskab, bybiler, bycykler, billeje mv.⁸⁷⁾. Evalueringen viser – i lighed med rapporteret erfaring fra mobilitetspunkter i München⁸⁸⁾ – at brugerne prøver flere forskellige transportmuligheder end hidtil, når forsøget introduceres til dem. I Region Hovedstadens forsøg skulle brugerne dog selv oprette sig og booke hos de forskellige transportudbydere samtidigt med, at indholdet af tilbuddene var bestemt af de enkelte udbydere. Det står i kontrast til det svenske forsøg, der både samler alle tilbud under én hat og fremsætter en abonnementspakke baseret på behov. Rapporten tilfredshed og ønsker om fortsat brug ligger således også langt højere i det svenske forsøg end i Region Hovedstadens forsøg.

Udfordringen for udvikling af MaaS løsninger ligger i 2018 ikke i den digitale platformes teknologier. Barrieren synes først og fremmest at være skabelsen af et organisatorisk set-up, der er attraktivt for alle interessenter, dvs. brugerne, de kollektive trafikselskaber, private konceptudbydere samt ikke mindst for MaaS-operatøren. Hvis man vil fremme udvikling af MaaS-løsninger, der går videre end avancerede multimodale rejseplanlæggere, kan der være behov for at understøtte de organisatoriske spilleregler. Det drejer sig blandt andet om etablering af åben og pålidelig adgang til realtidsdata vedrørende opdaterede køreplaner og forsinkelser, samt åben mulighed for og prisstruktur ved videresalg af billetter.

Forskere har vurderet, at dette bl.a. kræver, at MaaS operatør-rollen overvejes nøje. F.eks. kan der være behov for en operatør, der ikke selv er trafikselskab for at sikre andre transportudbydendes deltagelse og dataudveksling med MaaS systemet⁸⁹⁾. Omvendt er det blevet påpeget, at der kan være problemer forbundet med at tillade videresalg af billetter eller anden rejsehjemmel til kollektiv transport med henblik på fortjeneste til en privat MaaS operatør⁹⁰⁾. For en evt. privat MaaS operatør kan en del af forretningsmodellen således ligge i abonnenternes overforsikring, hvormed de betaler for flere transporttydelser, end de faktisk bruger.

Såfremt man vil fremme MaaS og samspil mellem privat last-mile transport og den skinebårne kollektive trafik, er det nødvendigt med en mere pålidelig åben adgang til realtidsdata vedr. køreplaner og forsinkelser. Det gælder også fremadrettet i forhold til signalprogrammets driftscentraler. Det kan bl.a. ske gennem krav til IT integration og åbne data i eksisterende og nyindkøb af kollektive transportløsninger. Åben adgang til realtidsdata for kollektiv transport kan allerede på kort sigt bidrage til bedre trafikinformation på tværs af transportformer.

Effekter af et MaaS tilbud

Muligheden for at dele data på tværs af organisationer kan give bedre realtidsinformation på tværs af transportformer og dermed bedre mulighed for at optimere rejsetiden.

Fremtidsperspektiver for MaaS

I forhold til den mulige geografiske udbredelse skønnes MaaS at være afhængigt af en høj tilgængelighed med kollektiv trafik, og en god adgang til de alternativer til kollektiv trafik, der indgår i servicen. MaaS vil virke for at øge fleksibiliteten og strække konkurrencekraften for den kollektive transport. MaaS vil dermed især være attraktivt i de største byområder og i de kollektive korridorer, der forbinder de største koncentrationer af service og arbejdspladser med et pendlingsopland. Hertil kommer dog en mulighed for at bruge MaaS til at forbedre tilbuddene til unge og ældre i tyndt befolkede områder.

En afgørende forudsætning er dog opstillingen af et attraktivt og velfungerende tilbud i et samarbejde mellem transportudbydere og med pålidelighed og geografisk udstrækning, der ikke udgør en forhindring for brugerne. Hertil kommer opbygning af abonnementspakker, målrettet de forskellige brugergrupper. Eksisterende kollektiv-pendlere udgør formentligt en vigtig potentiel brugergruppe, men også f.eks. unge og ældre i landområder, bycyklister og andre med lavt rejsevolumen.

Brugernes interesse i MaaS vil afhænge af rejsebehovet, abonnementstilbuddet og muligheden for at rejse og billettere på andre måder. En forudsætning for stor udbredelse og en kritisk masse vil formentligt være, at det integrerer periodekort og rejsekort. Udbredelsesmulighederne for et MaaS abonnement er formentlig nogenlunde som for delebiler, dvs. personer med lavt kørselsbehov og gode alternativer til bil.

INDSIGTER

- Mobilty-as-a-Service (MaaS) er endnu på udviklingsstadiet, men fuldt udfoldet er det et abonnement på tværs af alle transportformer. Udfordringen for udvikling af MaaS løsninger er først og fremmest at skabe et organisatorisk og økonomisk setup, der er attraktivt for alle interessenter, dvs. brugerne, de kollektive trafikselskaber, private udbydere samt ikke mindst for MaaS-operatøren.
- Grænserne mellem delebiler, samkørsel, taxa og den traditionelle kollektive transport bliver flydende. Synergi mellem dem vil kunne styrkes gennem integration i MaaS-løsninger, der kan tilpasses den enkeltes behov. Fordelene vil først og fremmest tilfalde kollektiv-brugere gennem nemmere adgang til at supplere med delebiler, samkørsel, taxa og bycykler. For den lille andel af bilejere i byerne, der overvejer at droppe bilejerskabet, kan denne bekvemmelighed være udslagsgivende.
- Hvis man vil fremme MaaS-løsninger, kan der være behov for at understøtte de organisatoriske spilleregler. Det drejer sig især om etablering af åben og pålidelig adgang til opdaterede køreplaner og realtidsdata om forsinkelser, samt om åben mulighed for og prisstruktur ved videresalg af billetter.
- Åben adgang til realtidsdata om kollektiv trafik kan allerede på kort sigt bidrage til bedre trafikinformation på tværs af transportformer. Det kan understøttes af krav til IT-integration og åbne data i forbindelse med operatørkontrakter.

5.5 E-handel

Udbredelsen af kommunikationsteknologi og internet i befolkningen har muliggjort fremvæksten af en lang række muligheder for at handle på internettet for efterfølgende af få varer leveret til hjemmet eller til afhentning på en lokalitet i nærheden. Bøger, billetter og varer, der kan leveres digitalt, såsom spil, musik o.a. har tidligt været handlet på internettet, men de senere år har også givet en stor vækst inden for varegrupper

som tøj og sko og dagligvarer. Hertil kommer, at E-handel indebærer bl.a. en styrkelse og billiggørelse af just in time-leverancer til forretningsdrivende.

Ca. 10% af danskernes samlede indkøb sker i dag via internettet. I forhold til varegrupper der typisk detailhandles er andelen større. Ca. 20% af den samlede udvalgsvarerandel og 2% af dagligvarehandlen sker i dag som e-handel⁹¹⁾. Danskernes e-handel skønnes på baggrund af en analyserapport at være fordelt på 148 mio. handler om året i 2015. Heraf er ca. 107 mio. er handler med fysiske varer⁹²⁾.

E-handel er også en udbredt måde at bestille og købe transport. Det drejer sig om rejse- og periodekort over flybilletter til taxa og pakkeforsendelser. Det er en udvikling, der bl.a. understøttes af udbredt mobil og personlig adgang til internettet, der igen gør det muligt at udvikle tilbud og kommunikation baseret på lokalitet og transport. Som det fremgik i afsnit 5.4 er denne del af e-handlen på mange måde en integreret del af udviklingen af MaaS.

E-handel kan påvirke både person- og godstransporten: Varer der bestilles og leveres hjemme kan tænkes at erstatte eller ændre ture med ærindeformål, som ifølge TU udgør 33% af turene og 18% af persontransportarbejdet. Når færre varer skal distribueres via butikkerne, men i stedet leveres individuelt til kunden, vil det påvirke hele logistikkæden fra producent til forbruger, herunder lokaliseringen af distributionscentre, størrelsen på lastbiler og deres belægningsgrad.

Der er ikke klar dokumentation for en substitutionseffekt fra persontransport med e-handel og hjemmелеvering. Tilsvarende er der meget begrænset viden om, hvad den stigende e-handel betyder for trafikarbejdet i logistikkæden fra producent til forbruger. Transportvaneundersøgelsen viser, at indkøbsture fra 2006 til 2016 er kommet til at stå for en mindre andel af danskernes daglige ture. Udviklingen i indkøbsturenes antal er dog samtidigt afhængig af den økonomiske udvikling og har, som den øvrige trafik, været i vækst igen fra 2013 og frem.

Erstatter e-handel indkøbsture?

Internationale undersøgelser peger på, at internet-handler erstatter indkøbsture, men undersøgelser peger også på, at der ikke er en sammenhæng mellem internetbrug og den samlede transport – eller at den sammenhæng ligefrem kan være positiv – dvs. meget internetbrug hænger samme med meget transport⁹³⁾. En svensk undersøgelse fra 2015 fandt, at personer, der ofte køber varer på nettet, kører lige så ofte i bil som andre og har lige så mange ture til fysiske butikker som andre. Den tid, der spares på at købe varer på internettet, bruges i stedet på yderligere indkøbsture eller flere ture med andre formål (Hiselius m.fl., 2015).

Som del-forklaringer på den uklare sammenhæng mellem e-handel og persontransport er bl.a., at internethandel kan være forbundet med besøg i butik eller lignende for at indhente viden. Iflg. Britiske undersøgelser involverer en stor andel af alle internethandler en fysisk tur (80%). En vare købt online modsvarer heller ikke nødvendigvis en indkøbstur, fordi den kan have flere formål/indkøb undervejs. Hertil kommer resultater der peger mod, at internethandel i sig selv stimulerer besøg i butikker⁹⁴⁾.

På godssiden har e-handlen en oplagt betydning for kørselsmønstrene, der øger trafikken med godskøretøjer til og fra boliger og bolignære områder. E-handlen kan dog ikke tilskrives ansvaret for en større vækst i godstrafikken, sådan som mange har foreslået. Analyser fra Danmark og England peger på, at E-handlen i dag udgør hhv. et par procent og ca. 10% procent af varebiltrafikken⁹⁵⁾. En del af forklaringen på forskellen kan være,

at man har konstateret, at e-handlen med dagligvarer er væsentligt større i Storbritannien, og i øvrigt også i Frankrig. Det har dog ikke været muligt at finde undersøgelser, der kæder ændringer i e-handel sammen med ændringer i godstrafik. Tilsvarende var det f.eks. heller ikke muligt for en engelsk undersøgelse at identificere en sammenhæng mellem den stigende udbredelse af internet og kommunikationsteknologi og udviklingen i vejtrafikken fra 1970 og frem⁹⁶).

Et begrænset gennemslag af det stigende e-handels volumen på godstrafikken kan skyldes, at den stigende e-handel er blevet fulgt af nye logistik og leveringsformer – og nye muligheder for konsolidering af forsendelser. Flere pakker muliggør kortere kørsel pr. pakke og f.eks. en større kapacitetsudnyttelse af transportkapacitet, der tidligere har været styret af behovet for at nå rundt til alle ruter og områder. En betydning af den stigende efterspørgsel efter e-handel leverancer for godstrafikken, er derved i hvert fald delvist blevet modvirket af effektivisering i logistikkæderne.

Effekter af E-handel

Udvikling i udbud af e-handel, betalingsmuligheder og leveringsmuligheder må forventes fortsat at gøre det lettere og mere attraktivt at e-handle og at få varer leveret både billigere og hurtigere. Dermed reduceres transaktionsomkostninger og generaliserede transportomkostninger.

E-handlen giver også let adgang til at købe varer i udlandet, når det er prismæssigt fordelagtigt, eller en let adgang til at købe varer, man ikke kan få i Danmark. Derfor ventes flere e-handler, flere forsendelser samt flere forsendelser, der tilbagelægger større afstande over grænserne.

Vækst i kombinerede show-rooms og e-butikker – såkaldt 'multi-channel retail' – samt pakkebokse o.l. kan give nye adfærdsmønstre i relation til handel. Med udgangspunkt i hidtidige erfaringer for betydningen af e-handel kan det dog ikke forventes, at e-handel med udvalgsvarer i sig selv vil erstatte persontransport.

E-handlen vil fortsætte med at trække omsætning ud af den eksisterende fysiske detailhandel og formentligt især påvirke udbuddet af udvalgsvarer, der koncentrerer yderligere til færre og større byer. Dette kan i sig selv være med til at øge behovet for e-handel, men vil også give længere transportafstande til de tilbageværende koncentrationer af udvalgsvarer.

E-handlen med dagligvarer er på et lavt niveau og modsvares af, at distributionen af e-handlede dagligvarer kun er udbygget i de største byer. E-handlens andel af dagligvarehandlen forventes at forblive på et lavt niveau inden for en horisont på 10 år, og der forventes derfor ikke nogen væsentlig ændring i tilgængeligheden til fysiske dagligvarebutikker som følge af skift i markedsandele. Øget brug af e-handel med dagligvarer skønnes dog at kunne give flere muligheder for ændrede transportmønstre, fordi dagligvareindkøb er væsentligt mere hyppige end udvalgsvareindkøb og samtidigt udgør en del af hverdagens aktiviteter og tidsstruktur.

Billiggørelse af leverancer igennem automatisering baseret på droner og herunder f.eks. adgang til straksleveringer af visse varer vil formentligt stimulere væksten i e-handel yderligere og medføre nye adfærdsmønstre i forhold til planlægning og afvikling af indkøb. Reduktion af leveringstiden har været et væsentligt kriterie i udviklingen af e-handlen, men straksleveringer har hidtil været for dyre til at spille en praktisk rolle.

Afgørende forhold for dronernes rolle, ud over tekniske muligheder og tilladelser, vil være prissætningen og betalingsformen for de nye måder at få leveret varer på, samt i nogen grad også hvilket udvalg af varer, der kan være adgang til inden for en kort leveringshorisont. Analyser har peget på, at levering fra varehuse med droner eller fra droner, der er integreret med godskøretøjer, kan billiggøre leveringer væsentligt. Det er dog især leveringer direkte fra varehuse, der vil kunne muliggøre billige straksleverancer, og det vil være begrænset til en flyveradius på 10-15 km. Herudover gør hensynene til vægt og energi droner mest oplagte til at levere lettere specialprodukter som medicin eller eksprespost.

Det er med andre ord især i byregionerne, at man kunne forestille sig mange nye muligheder og tilbud som følge af dronetransport. Her vil det af sikkerhedshensyn dog også være sværere at komme til at bruge luftrummet til droneleveringer, da byer jo i sigens natur er befolkningstætte miljøer med bløde trafikanter. De såkaldte ground-drones har derfor været introduceret som alternativ, men forudsætter videre en model for sikker færdsel i trafik på landjorden. Hvordan, disse udfordringer kan løses, afventer forsøg og nærmere afklaring.

I kombination med forventede krav om nul-emission og støjsvag transport i byerne, vil ovenstående kunne drive en udvikling, hvor der opstår distributionscentre tættere på de større byer.

Fremtidsperspektiver for e-handel og konsekvenserne for transporten

Den danske e-handel har udviklet sig med høje vækstrater og brancheestimatet er, at den stiger⁹⁷⁾ til 30% af udvalgsvarehandlen og 6% af dagligvarehandlen i 2030. En reduktion af persontransporten til indkøb skønnes især at kunne finde sted omkring de største byer hvor befolkningen har adgang til dag-til-dag levering af dagligvarer og måske straks-levering af et stort udvalg af andre varer.

Der er ikke væsentlige forskelle i udbredelsen af e-handel mellem de forskellige regioner i dag, og e-handel som sådan må forventes at vokse i alle dele af landet. Antallet af fysiske butikker falder, og konsekvensen af e-handlen kan blive ændrede detailhandelsmønstre i byerne. Fremover skønnes befolkningen i mindre byer således at få større afstande til fysiske butikker med udvalgsvarer på grund af e-handel. De vil købe mere på nettet, men også skulle rejse længere for at besøge byer med et stort udbud af fysiske butikker. Fra et fordelingsperspektiv rejser det spørgsmålet, om der i fremtiden kan blive behov for at revidere postlovens offentlige serviceforpligtelse for breve og pakker for sikre at alle uanset bopæl kan få leveret en pakke til hjem-adressen til en rimelig pris.

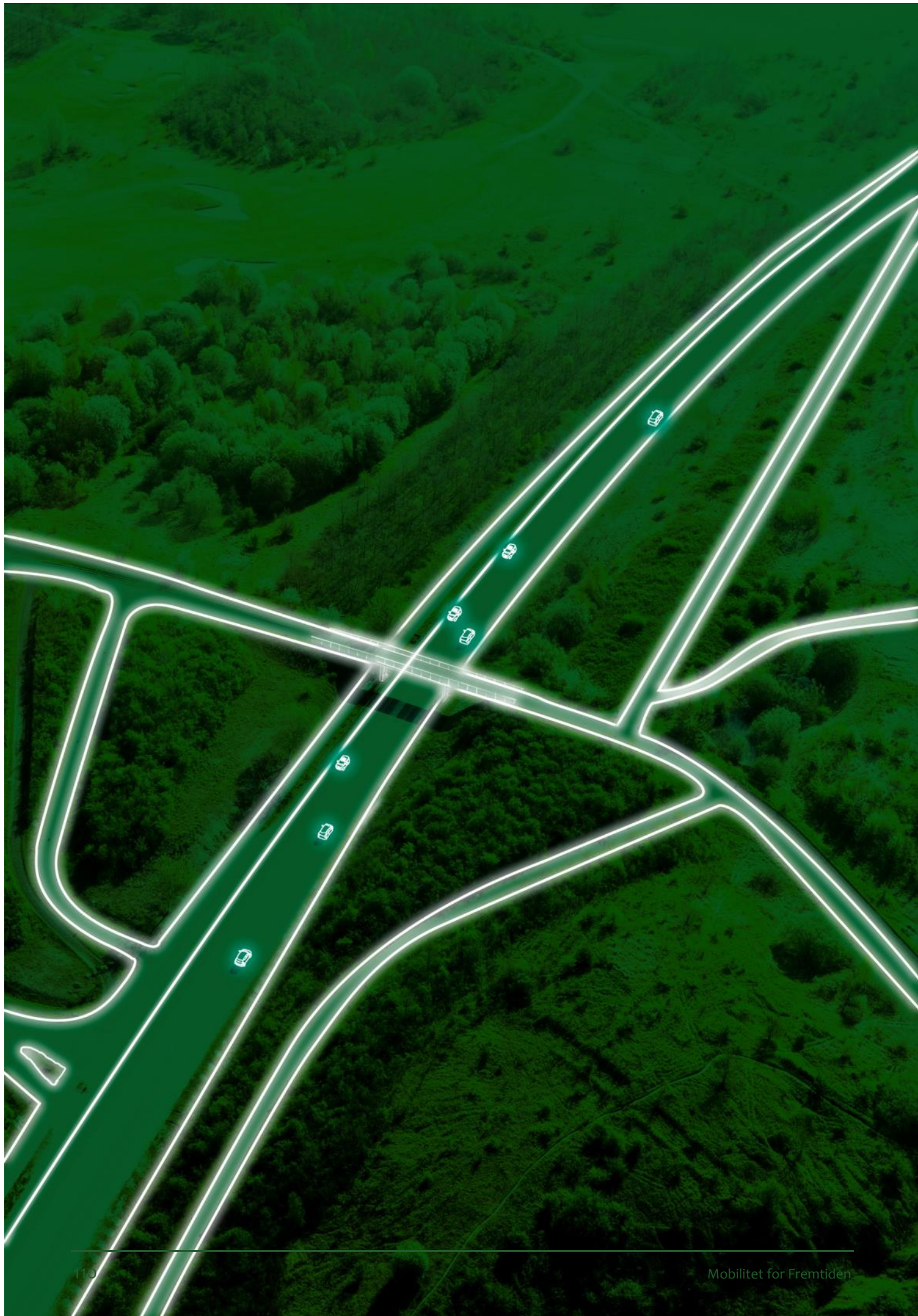
Nye forretningsmodeller for godstransport

Platformsløsninger giver også nye muligheder for godstransporten og forventes at give effektiviseringsgevinster gennem bedre kapacitetsudnyttelse og lavere transaktionsomkostninger. Disse vil gennem konkurrencen afspejle sig i lavere priser på transport. Det er for nuværende svært at vurdere præcist, hvor meget dette vil øge efterspørgslen på transport, men umiddelbart forventes effekten at være relativt begrænset.

Til gengæld kan de nye forretningsmodeller sætte nogle af de eksisterende aktører under pres. En række opstartsvirksomheder⁹⁸⁾ tilbyder nye løsninger som dels automatiserer noget af speditionsarbejdet, dels bringer privatpersoner og deres transportmidler i spil til distributionstransport. Betydningen af automatisering inden for distributionskørsel og godstransport diskuteres mere indgående i kapitel 7.

INDSIGTER

- E-handel har fået stor udbredelse og vokser fortsat kraftigt med inddragelse af flere varegrupper som f.eks. dagligvarer. E-handelens betydning for den samlede godstrafik på vejene skønnes indtil nu at være lille.
- Hidtidige erfaringer peger mod, at e-handel med udvalgsvarer i meget begrænset omfang har erstattet persontransport. Med stigende udbredelse til dagligvarer kan effekten muligvis blive større.
- E-handlens konsekvenser for den samlede transport og trafik vil formentligt også fremover være små, selv om E-handlen forventes at stige. Det stigende antal e-handler giver mulighed for optimering og konsolidering af distributionen og dermed modgå effekterne af mindre leverancer på den samlede trafik. Godstrafikken på vejene må dog forventes at vokse noget som følge af fortsat stigende e-handel.



6 Automatisering

Selvkørende biler er et tema, der op gennem bilismens historie har fascineret mange. Med jævne mellemrum har der været forudsigelser om, at det snart vil blive til virkelighed, som så har vist sig at være overoptimistiske. Over de seneste 10-15 år har bilerne gradvist fået flere og mere avancerede førerstøttesystemer i kølvandet på den teknologiske udvikling i sensorteknik, computerkraft og detekteringssoftware. Det har givet visionen nyt liv. Mens vurderingerne i fagkredse stadig er delt mellem optimisme og skepsis, diskuterer de færreste om selvkørende biler bliver en realitet. I dag samler interessen sig om, *hvornår de kommer*, og *hvad konsekvenserne bliver for både brugerne og indretningen af transportsystemet såvel som for samfundet mere bredt*.

6.1 Tre udviklingsspor for automatisering af persontransport på vejnettet

Der hersker ikke tvivl om, at der i disse år på globalt plan investeres massivt i selvkørende biler og automatisering af transportmidlerne mere generelt. Det kan potentielt give anledning til meget store økonomiske gevinster for eksempel i form af sparede omkostninger til professionelle chauffører, eller brugergevinster for private bilførere, som kan udnytte transporttiden på andre måder end at styre bilen og holde øje med trafikken. Udviklingen er meget dynamisk, og uge for uge kommer der nye rapporter og vurderinger af fremtidsperspektiverne, som der på nuværende tidspunkt ikke er konsensus omkring. De markedstendenser, der kan observeres hos de etablerede bilproducenter og nye spillere, kan sammenfattes i tre udviklingsspor:

Det første udviklingsspor hænger sammen med bilproducenternes nuværende forretningsmodel med afsætning som private biler som enten er privatejede eller leasede.

Det andet udviklingsspor knytter op på de nye forretningsmodeller, som er beskrevet i kapitel 5, hvor investeringer og drift af biler deles mellem brugerne af taxikoncepter.

Det tredje udviklingsspor tager afsæt i automatisering af den traditionelle kollektive trafikbetjening.

1) Gradvis automatisering af privatbiler

En del af de store bilproducenter satser på gradvist mere avancerede førerstøttesystemer i nye modelårgange. Det forventes i første omgang, at bilen kan overtage styringen på motorvejene primært i forbindelse med køkørsel ved lav hastighed. Men efterhånden vil det også ske ved almindelig motorvejshastighed, hvor afhængigheden af førerindgriben i særlige situationer løbende reduceres.

På længere sigt forventes det, at biler med selvstyrende egenskaber jf. diskussionen i afsnit 6.2 kan kunne køre selv på en stadig større del af vejnettet og i mere kompleks (by)trafik. Denne udviklingssti er knyttet til de etablerede bilproducenters konventionelle salgskoncept som private biler med individuelt ejerskab eller på anden vis med fuld råderet som f.eks. leasing. Den primære fordel er førerens mulighed for at udnytte tiden under kørslen. Men det ventes også, at der vil være gevinster for trafiksikkerheden.

Ultimativt kan selvstyrende privatbiler muligvis også kører førerløst fra udgangspunkt til destination. Det vil åbne for helt nye brugsmuligheder og ikke mindst adgang til at benytte bil for personer uden et kørekort. Førerløse biler vil også på længere afstande

kunne indgå i delebilsordninger som supplement til førerløse taxaer jf. nedenfor. Grænsen mellem delebil og taxa kan i det hele taget blive flydende, når taxaer bliver førerløse.

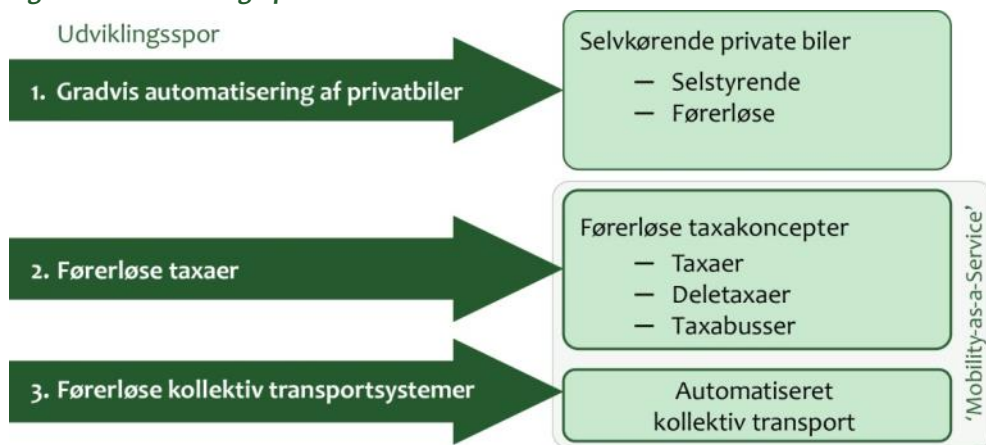
2) Førerløse taxaer

Etablerede og nye informationsteknologiske virksomheder satser store summer på at udvikle biler, der designes som fuldt førerløse fra starten. Det vil betyde en merpris for bilen. Med førerløsheden spares imidlertid chaufførløn, hvilket vejer langt tungere end merprisen til den selvkørende teknologi. Dermed kan turene sælges langt billigere sammenlignet med dagens taxaer.

3) Førerløse kollektive transportsystemer

Det tredje spor er førerløse busser, som udnytter den forenkling, der ligger i at busserne kører i en fast rute og med central overvågning. Infrastrukturen og signalstyringen tilpasses til automatiseringens udviklingsstadium, så man gradvist tillader mere interaktion med den øvrige trafik. Ligesom for de førerløse taxaer ligger den afgørende fordel i sparet løn til chaufføren. Ud over omkostningsbesparelsen i sig selv, kan bussen også være i drift i en større del af døgnet med beskedne meromkostninger. Samtidig en kombination med el-drift give højere komfort gennem mere harmonisk kørsel. Det kan f.eks. gøre førerløse busser i højklassede Bus Rail Transit-løsninger (BRT) til et attraktivt alternativ til letbaner. Endelig er automatisering af metrodrift jo som bekendt allerede mulig i dag, og der er i 2017 truffet politisk beslutning om, at dette skal udbredes til S-togsnettet.

Figur 6.1 Tre udviklingsspor



De tre spor i figur 6.1 afspejler som nævnt forskellige typer af virksomheders udviklingsstrategier koblet op på forskellige forretningskoncepter. De teknologiske udfordringer ved automatiseringen er imidlertid grundlæggende ens. Udviklingen må derfor ses som stærkt konkurrencedrevet også mellem de tre spor. Udviklingssporene må forventes at påvirke hinanden i en dynamisk proces, hvor de mere succesfulde strategier breder sig gennem nye organisatoriske konstellationer ved opkøb, fusioner mv.

Vurdering af tidsperspektiv og konsekvenser

Der er stor usikkerhed og mangel på konsensus i tilgængelige kilder ift. opfattelsen af, hvornår automatiseringen slår igennem. Uanset hvilken transportform, der er tale om, er dette et afgørende aspekt i vurderingen af konsekvenserne af automatiseringen. Der forekommer f.eks. umiddelbart at være stor forskel på udmeldingen fra General Motors

om at påbegynde kommerciel førerløs taxakørsel i amerikanske byer i 2019⁹⁹⁾ til ETRAC's vurdering af, at fuldt selvkørende private biler ikke vil blive markedsført på denne side af 2030. *De centrale spørgsmål* i forhold til, hvor hurtigt automatiserede biler vil blive introduceret og vinde udbredelse, er:

- **Hvornår introduceres selvstyrende og førerløse biler på markedet?**
De høje sikkerhedskrav adskiller automatisering af transportsektoren fra andre teknologiske revolutioner som for eksempel smartphones. Derfor kan der være langt fra demonstrationsprojektet til operationel drift og privat brug.
- **Hvor hurtigt udbredes teknologien i salget af nye køretøjer?**
Så længe teknologiomkostningerne er høje viser erfaringerne fra salget af hidtidige førerstøttesystemer, at de for private biler overvejende bliver tilkøbt i luksussegmentet. Prisen på selvkørende teknologi kan derfor få afgørende betydning for implementeringshastigheden på nybilmarkedet som helhed. For delebiler, taxakoncerter og kollektiv transport er dette aspekt mindre vigtigt, da sparet chaufførløn og høj udnyttelsesgrad her vejer tungere.
- **Hvor hurtigt udbredes teknologierne i trafikken?**
Bilernes lange levetid indebærer en lang forsinkelse fra det tidspunkt der kommer en betydelig markedsandel blandt nye biler til automatiseret kørsel udgør en tilsvarende andel af trafikarbejdet.

En stor udbredelse af nye deleøkonomiske forretningskoncepter med høj udnyttelsesgrad og dermed kort levetid vil øge indtrængningshastigheden. Endelig kan såvel selvstyrende som førerløse egenskaber også udbredes hurtigere, hvis det viser sig at producenterne egne eller myndighedspålagte begrænsninger på tidlige årgange kan fjernes ved at opdatere køretøjets software eller ved at montere nye eller forbedrede sensorer.

Konsekvenserne af automatiseringen i de tre spor er uddybende beskrevet i de følgende afsnit 6.3 – 6.7 i form af kvalitative vurderinger af deres effekter for transportsystemet. Effekterne er vurderet i følgende fem dimensioner:

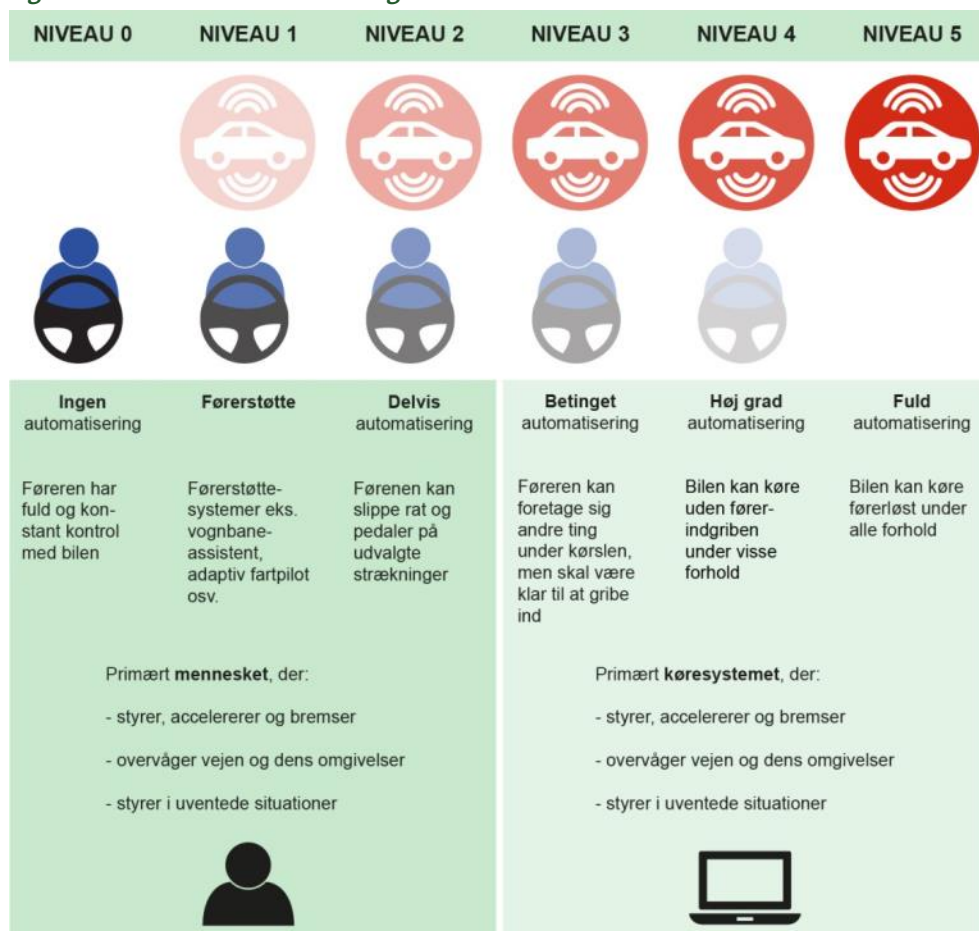
- **Efterspørgsel** fra brugerne uden tilbagespil fra ændret trafikbelastning, dvs. det der også betegnes førsteordenseffekten.
- **Infrastrukturens kapacitet** drejer sig først og fremmest om trafikafvikling. Antallet af parkeringspladser i forhold til behovet indgår dog også, hvor pladsen er knap, dvs. først og fremmest i centrum af de største byer.
- **Trafikomfang** og trængsel indikerer fremkommelighed og rejsehastighed.
- **Mobilitet for alle**, dvs. en indikator for, hvor vidt mobiliteten forbedres for dem, der ikke har mulighed for at benytte bil eller de eksisterende tilbud i den kollektive trafik.
- **Påvirkning af omgivelserne** som er en vurdering af trafikens samlede afledte konsekvenser i form af påvirkning af miljø, trafiksikkerhed, bykvalitet og lokalisering.

Der sker sideløbende en automatisering af de transportformer, som ikke indgår i denne effektvurdering f.eks. luftfart og færger. Tidsperspektiver og konsekvenser af automatisering af flytransport beskrives nærmere i afsnit 6.8 og færger i afsnit 6.9, mens gods-transport på vejnettet og distribution beskrives i kapitel 7.

6.2 Grader af automatisering

Hvorvidt biler er selvkørende, er ikke et 'enten-eller', men et gradspørgsmål. I 2014 definerede SAE International¹⁰⁰⁾ en standard for automatiseret vejtransport med seks niveauer fra 0 til 5, som der er udbredt konsensus om. Kategoriseringen har fokus på førerens rolle i forhold til de dynamiske køretekniske opgaver: Styring, acceleration, bremsning og ikke mindst overvågning af kørslen og omgivelserne. De seks niveauer for selvkørende biler fremgår af figur 6.2.

Figur 6.2 Bilers seks automatiseringsniveauer



Kilde: Vejdirektoratet, Udarbejdet p.b.a. SAE International 2014

- Den hidtidige udvikling, op til og med **niveau 2** – delvis automatisering – har haft karakter af mere og mere avancerede førerstøtteteknologier til aflastning af føreren. Men føreren skal konstant overvåge kørselssituationen og reagere på hændelser.
- Det første afgørende skridt i forhold til dagens situation er **niveau 3** – betinget automatisering. Her kan bilen under visse forhold overvåge hele kørselssituationen, inklusiv omgivelserne, og uden førerens hjælp styre, bremse og accelerere, som situationen kræver. Føreren skal være standby og med kort varsel kunne overtage styringen, hvis bilen beder om det.
- Det næste udviklingstrin, **niveau 4** – høj automatisering – er, når bilen er i stand til at håndtere hele kørselssituationen uden indgriben af en fører under visse forhold. Bilen skal under disse velspecificerede forhold, f.eks. afgrænsede vejtyper, trafiktætheder, og vejrforhold, selv være i stand til at afslutte kørslen forsvarligt uden på no-

get tidspunkt at være afhængig af førerindgriben. Under andre forhold, er det føreren, der styrer.

- **Niveau 5** – fuld automatisering – nås, når bilen er uafhængig af en fører under alle trafikale forhold på alle dele af vejnettet.

Nogle bilproducenter har annonceret, at de satser på at gå direkte til niveau 4, mens andre satser på en gradvis udvikling over niveau 3, som er teknisk simplere og derfor givevis er klar til markedet først. Derfor må det forventes, at de køretøjer, der sælges og kører på vejnettet, gradvist vil gå fra niveau 3 til 4 og med færre og færre restriktioner henimod niveau 5. Fra flere hold rejses der imidlertid tvivl om, hvorvidt vi nogensinde når fuldt Niveau 5, hvor førerløse biler kan køre under alle de samme forhold som en bil med fører.

I denne sammenhæng er fokus på vurdering af de selvkørende bilers trafikale og samfundsmæssige konsekvenser. Disse afhænger især af, hvordan automatiseringen påvirker transportefterspørgslen og transportsystemets kapacitet. Det afhænger i mindre grad af den køretekniske rollefordeling mellem bil og fører, som niveauerne karakteriserer. Fra et brugersynspunkt, og dermed i påvirkningen af transportefterspørgslen, kan der skelnes mellem to trin i fordelene for trafikanterne:

- **Selvstyrende kørsel**, hvor føreren ikke behøver at have sin opmærksomhed på kørslen. Han/hun kan derfor vælge at bruge transporttiden på andre ting, som f.eks. læsning, kommunikation, og afslapning.

I starten vil de frihedsgrader som teknologien giver føreren til andre aktiviteter være begrænsede, men efterhånden som niveau-3-egenskaberne bliver mere avancerede, bliver hyppigheden af førerens indgriben mindre og responstiden længere så fordelene bliver tilsvarende større. Med niveau 4 kan føreren helt forlade sig på bilens kørsel, hvilket øger fordelene yderligere, ikke mindst hvis chaufføren kan sove under kørslen, så bilen kan indrettes til det.

For både niveau 3 og 4 vil der være stor forskel på, hvor kompliceret det er afhængigt af vejtyper, trafikbillede og vejrforhold. Gevinsterne afhænger i høj grad også af begrænsningerne på, hvor de selvstyrende egenskaber kan bruges.

- **Førerløs kørsel** vil være muligt, hvis der ikke længere er et køreteknisk behov for en førers tilstedeværelse i bilen. Det kræver niveau 5 eller et højt 4-niveau med så få begrænsninger, at dør-til-dør kørsel bliver muligt om end ikke nødvendigvis i alle geografiske områder og under alle vejrforhold.

Førerløs kørsel åbner op for at:

- personer uden kørekort kan benytte bil alene
 - biler kan køre tomme eller i princippet bringe pakker uden chauffør
- Det vil gribe omfattende ind i efterspørgslen efter transport og potentielt også grundlæggende på måden, vi organiserer og lokaliserer vores aktiviteter på.

Opdeling mellem selvstyrende og førerløs er valgt i de efterfølgende afsnit, da de trafikale og samfundsmæssige konsekvenser af førerløs kørsel er langt mere vidtrækkende end førerens mulighed for at udnytte tiden til andre aktiviteter ved selvstyrende kørsel. *Selvkørende* benyttes som fællesbetegnelse for *selvstyrende* og *førerløse*.

6.3 Selvstyrende biler – automatisering af private biler på niveau 3

Hvornår?

Hvor hurtigt udviklingen vil gå, er ikke kun et teknologisk spørgsmål. Prisen, herunder afgiftsforhold, spiller også en væsentlig rolle. Men afgørende bliver myndighedernes regulering, dvs. under hvilke forhold man vil tillade, at bilerne kører selv. Her spiller i hvert fald to forhold ind:

- Det må forventes, at det vil være et afgørende kriterium at automatiseringen enten bevarer eller forbedrer trafiksikkerheden. I Danmark køres der i dag mere end 15 mio. kilometer med personbil for hvert registreret uheld med personskade, der involverer en personbil. Derfor kan det være vanskeligt at dokumentere empirisk, at en selvkørende bil er tilstrækkelig sikker ved testkørsler i lukkede miljøer. I praksis er vejen frem at tillade velafgrænsede forsøgsordninger i den virkelige trafik, hvor begrænsningerne på forsøget gradvist aftrappes. I maj 2017 vedtog Folketinget en ændring af færdselsloven, som giver transportministeren bemyndigelse til at tillade kontrollerede forsøg med automatiseret kørsel på niveau 3 og 4.
- Et væsentligt juridisk aspekt er, at ansvarsforholdene mellem fører og bilproducent er klare ved overtrædelser af færdselsloven. I dag har føreren det fulde ansvar, også for at sikre sig, at køretøjet er i forsvarlig stand. Konsekvenserne af dette ansvar er dog begrænset af den lovpligtige ansvarsforsikring for motor-køretøjer.

De første niveau-3 biler er annonceret klar til markedet i 2018. Der er tale om biler i det absolutte luksussegment, og udbredelsen vil alene derfor være meget begrænset. De selvkørende egenskaber vil i første omgang også være begrænset til tæt trafik op til 60 km/t på motorveje, hvor der er en fysisk barriere til modkørende¹⁰¹⁾. Generelt må det forventes, at selvstyrende egenskaber gradvist bliver udbredt fra vejtyper, hvor trafiksituationen er mindst kompleks som på motorveje og først senere til i bykørsel med blandet trafik.

Stor udbredelse vil naturligvis først komme, efterhånden som lovgivningen i de enkelte lande tillader udnyttelse af de selvkørende egenskaber uden for isolerede forsøg. Og det dermed bliver muligt at benytte teknologien i en tilstrækkelig stor del af bilens brug, så bilkøberen vurderer, at det er værd at investere i teknologien.

Erfaringen fra introduktionen af førerstøtteteknologier indikerer¹⁰²⁾, at de i løbet af 10-15 år billiggøres og bliver tilgængelige også i mere udbredte bilmodeller. Derudover kan der være særlige danske forhold, der forsinker eller fremskynder udbredelsen i nybilsalget her sammenlignet med andre lande. Det drejer sig navnlig om de relativt høje danske bilafgifter, der også vil gøre merprisen for førerstøttesystemerne dyrere for forbrugerne.

Bilers levetid er relativt lang; medianlevetiden på personbiler i Danmark er ca. 16 år¹⁰³⁾. Det betyder, at der går yderligere adskillige år fra, at niveau 3-biler udgør en stor del af nybilsalget til de står for en tilsvarende andel af kørslen.

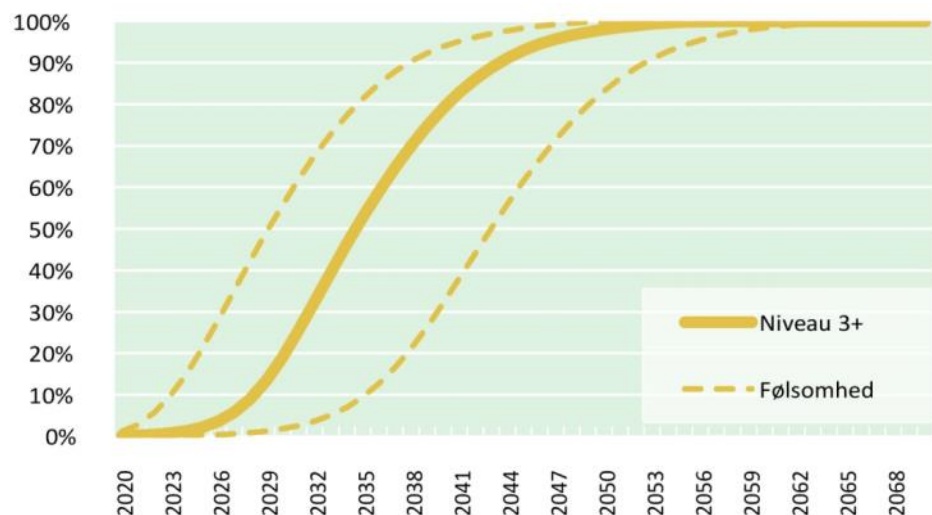
Vejdirektoratet har i 2016 på baggrund af andre studier analyseret, hvor hurtigt biler på niveau 3 og højere kan forventes at få betydning i trafikken i Danmark¹⁰⁴). Fremskrivingerne er baseret på antagelser om:

- Tidspunkt for markedsintroduktion af de automatiserede biler
- Udskiftningstakten inden for bilparken afledt af historiske data
- Forventninger til de automatiserede bilers andel af nybilsalget baseret bl.a. på historiske data fra optag af nye teknologier i bilparken.

De automatiserede bilers andel af trafikarbejdet fremskrives derefter ud fra deres alder og andel af bilparken, samt antagelser om en forøget andel af kørslen med selvkørende biler pr. køretøj på grund af de muligheder, som automatiseringen åbner.

Da teknologien endnu ikke er på markedet, er usikkerheden om indfasningsforløbet i nybilsalget naturligvis på nuværende tidspunkt høj. Det har Vejdirektoratet forsøgt at tage højde for gennem et centralt forløb omgivet af et interval fra et konservativt til et optimistisk skøn baseret på hidtidige indfasningsforløb af førerstøttesystemer.

Figur 6.3 Selvkørende bilers andel af den samlede kørsel



Kilde: Vejdirektoratet

Figur 6.3 indikerer, at biler på mindst niveau 3 kun vil udgøre knap 20% af kørslen i 2030. Intervallet mellem det optimistiske og pessimistiske scenarie spænder imidlertid fra under 2% til ca. 60%. I 2035 vil cirka halvdelen af de kørte kilometer foretages med selvkørende biler på niveau 3 eller derover. I forhold til nybilsalget, forventer Vejdirektoratet, at niveau 3, 4 og 5-biler i 2030 vil udgøre ca. to tredjedele af alle nye solgte biler.

Andelen af kørslen med selvkørende biler kan dog blive fremskyndet, hvis solgte biler på et lavere automatiseringsniveau på et senere tidspunkt får opgraderet deres software og sensorer. Dette aspekt er antageligt særligt relevant for niveau 4-biler, hvor den gradvise udbredelse til en større og større del af vejnettet muligvis vil kunne håndteres gennem opgraderinger af biler fra tidligere årgange. Alle de tre scenarier for biler på mindst niveau 3 har i Vejdirektoratets vurdering nået 90% udbredelse senest omkring 2050.

Det som kan trække i retning af et mere pessimistisk scenarie er det tilfælde, at fordelene ved førerstøttesystemerne ikke står mål med omkostningerne for en del af bilkø-

ber, fordi de selvstyrende egenskaber enten slet ikke eller kun delvist kan udnyttes i byerne og hvor trafikken ellers er tæt og består af flere forskellige trafikanttyper.

Efterspørgslen – lavere tidsomkostninger

Når man bedre kan udnytte tiden undervejs, bliver den tid man skal bruge på rejsen en mindre ulempe. Selvstyrende kørsel indebærer, at ulempen ved bilkørsel bliver mindre. Det påvirker efterspørgslen i retning af:

- hyppigere og flere bilture
- større tilbøjelighed til at vælge bil frem for andre transportformer

Størrelsen af begge effekter afhænger først og fremmest af tre faktorer:

- **På hvor stor en del af turen, kan teknologien kan anvendes?** De private biler vil først være selvkørende på det overordnede vejnet med adskillelse til modkørende trafik. Først senere kan de blive selvkørende i blandet, tæt trafik i byerne, hvor trafikbilledet er mest kompleks. Det betyder, at fordelene i starten vil være størst på lange ture på det overordnede vejnet.
- **Hvor meget falder tidsværdien?** For korte ture må det forventes, at fordelene ved en selvkørende bil er mindre, selv hvis hele turen kan foretages selvkørende. Derudover vil kørselskomforten være vigtig for, hvad man i praksis kan bruge rejsetiden til. Vejens beskaffenhed i form af især kurveforløb og belægningens jævnhed vil få større betydning, ligesom hyppigheden af sving og stop m.v. Det betyder, at tidsværdien vil falde mest på længere ture, hvor en større del vil foregå på det overordnede vejnet, og mindst i byerne, hvor der er mange kryds. På mindre veje på landet kan ujævn kørsel pga. snoede vejforløb også gøre fordelene mindre.
- **Hvor stor en andel udgør førerens tid af de samlede rejseomkostninger?** Et vigtigt aspekt er her rejsehastigheden: Høj hastighed mindsker tidsomkostningerne per kilometer væsentligt, men påvirker kun i mindre grad kørselsomkostningerne gennem energieffektiviteten. Førerens tid udgør omtrent halvdelen af turens omkostninger med lav hastighed og ca. en fjerdedel med høj hastighed¹⁰⁵⁾. En given procentvis reduktion af tidsomkostningen vil derfor betyde relativt mindre på det overordnede vejnet. Det trækker i modsat retning af, at fordelene ved at kunne udnytte tiden her vil være større, jf. det ovenstående punkt. Dette gælder dog ikke i spidsbelastningsperioder på de trængselsbelastede dele af det overordnede vejnet, hvor hastigheden er lav som følge af køkørsel.

Konsekvenserne ved at kunne udnytte tiden bedre er dog ikke ens for alle: Generelt vægter kørselsomkostningerne relativt mindre, og fordelene ved at kunne udnytte rejsetiden derfor relativt mere, for personer med højere indkomst og for erhvervsture.

På nuværende tidspunkt er det meget usikkert, hvor stor en fordel bilisterne i praksis vil opleve ved selvstyrende biler, da bilerne endnu ikke er på markedet. Derved er det også svært at vurdere, hvor store konsekvenser det vil få på efterspørgslen. Men samlet set vurderes ovenstående ræsonnementer alt andet lige at give anledning til følgende typer af efterspørgsels-virkninger af indfasningen af selvstyrende biler:

- Den lavere tidsværdi for førere i selvstyrende biler vil give længere og flere bilture og svække den kollektive trafiks markedsandel, især på lange ture. Cykel og gang påvirkes formentlig ubetydeligt, da gevinsten vurderes at være lille på helt korte ture.

- Selvstyrende biler vil kunne udnyttes først og give størst stigning i efterspørgslen på motorvejsnettet, især i og omkring Hovedstadsområdet og de større byer, hvor der er trængsel.
- Det vil også betyde en overflytning af trafik til motorvejene, fordi folk vil være mere villige til at køre en omvej for at udnytte fordelene.
- Efterspørgselseffekterne vil forstærkes over tid i takt med indkomstvækst og generelle stigninger i trængslen øger rejsetidens andel af de samlede rejseomkostninger. Erhvervsrejsende og højindkomstgrupper vil opleve de største fordele og derfor være blandt dem, der først vil anskaffe biler med selvstyrende egenskaber.
- Særligt på de lange ture mellem byerne med lang sammenhængende rejsetid kan muligheden for at udnytte tiden potentielt give anledning til kvalitative ændringer i opfattelsen af lange bilture, som det derfor er vanskeligt at forudsige omfanget og effekterne af.
- Bilisten vil lægge større vægt på jævn og harmonisk kørsel. Jævn acceleration, bremsning og stabil styring vil blive understøttet af bilernes software og indretning. Men der vil også blive større fokus på vejenes udformning og vedligehold og rutevalget vil blive påvirket i retning af højklassede veje.

Kapacitet

Selvkørende biler vil også kunne medføre øget kapacitet af vejnettet. Dette kan ske på mindst tre forskellige måder:

- Bilerne kan køre tættere¹⁰⁶⁾
 - i kørselsretningen på grund af højere reaktionshastighed
 - i smallere vognbaner som følge af mere præcis styring
- Mere ensartet køremønster og hastighed
 - på strækninger, hvor jævnere kørsel giver bedre fletning
 - i kryds gennem hurtigere reaktionstider, f.eks. ved opstart efter rødt
 - Mere ensartet kørsel og færre hændelser giver også anledning til mindre rejsetidsvariabilitet.
- Færre trafikuheld, som giver anledning til trafiknedbrud og forsinkelser, blandt andet gennem mere ensartet kørsel.

Når det kommer til kvantitative vurderinger af kapacitetseffekten af automatiserede biler, er der meget store forskelle i vurderingerne. Nogle simulationsstudier indikerer, at det er muligt at øge kapaciteten væsentligt på visse strækninger ved fuld overgang til selvkørende biler, men gevinsterne størrelse er dog følsomme over for forudsætningerne. Nogle modelberegninger viser, at kapacitetsforøgelsen er beskeden, indtil selvkørende bilers andel af kørslen er op mod halvdelen; andre at der først kommer væsentlig kapacitetsforøgelse ved fuld automatisering og at blot 5-10% ikke-selvkørende biler reducerer kapacitetsgevinsten markant

Det kan man forsøge at kompensere for ved dedikerede vejbaner til selvkørende biler, eller biler som er udstyret med førerstøttesystemer, der hjælper med at holde bilen inden for vognbanen. Disse systemer, som allerede er installeret i visse mellemklassebiler, kaldes på engelsk 'Lane Keeping Assist' (LKA). Vejdirektoratet når ved simulering med VISSIM-modellen frem til en kapacitetsforøgelse med 30% i banen forbeholdt selvkørende biler¹⁰⁷⁾, men fuld udnyttelse af den ekstra kapacitet kræver en optimal fordeling af trafikken på selvkørende og ikke-selvkørende biler.

Biler med LKA kan foretage mere præcis styring, som muliggør smalere spor i det eksisterende tværprofil. Kapaciteten på sådanne strækninger kan derved forøges, hvis det giver mulighed for at etablere en ekstra vognbane. En analyse for en konkret strækning fra Vejdirektoratet i 2017 viser, at det ift. en samfundsøkonomisk afvejning er rentabelt at etablere et ekstra, dedikeret spor, da anlægsomkostninger til dette er relativt lave. Det forudsætter, at bilerne kan holde vognbanen. Med den teknologi, der er i bilerne i dag, kan dette dog i nogle tilfælde være en udfordring i vådt vejr. Smaller dedikerede vejbaner vil endvidere også fortrinsvis være relevant for veje med mange, det vil sige mindst tre, vognbaner i hver retning. Se yderligere beskrivelser af LKA i boks.

Der er kun få studier af kapacitetseffekterne i byerne, hvor især krydsene er afgørende for kapaciteten. Nogle bud på de maksimalt opnåelige effekter ligger på 40-80%¹⁰⁸⁾, men det er under helt andre teknologiske omstændigheder for trafikafviklingen i kryds end dagens situation. Det vil kræve mere eller mindre fuld udbredelse af automatisering på et højt niveau samt avanceret kommunikation og koordinering mellem biler og med infrastrukturen, som endnu kun er på forskningsstadiet. Krydskapaciteten kan endda i starten blive mindre på grund af sikkerhedsbetingede længere reaktionstider mv.

Alt i alt er der ikke grundlag for at forvente, at man med selvkørende biler vil kunne opnå væsentlige kapacitetseffekter i byerne før kørslen er overvejende automatiseret, hvilket i givet fald vil være på meget lang sigt.

Trafikomfang og trængsel

Generelt er det vanskeligt at vurdere den samlede effekt af selvstyrende biler på trængslen. Det afhænger af om den øgede efterspørgsel kan kompenseres af de mulige kapacitetsforøgelser. Disse vil endvidere formentlig primært kunne opnås på dele af motorvejsnettet, hvor det er muligt at tilføje et ekstra smallere spor. I givet fald vil det først kunne realiseres på længere sigt med stor udbredelse af selvkørende biler, eller LKA.

Derfor vurderes udbredelsen af selvkørende biler i starten at give øget pres på vejinfrastrukturen. Dette vil være tilfældet allerede på kortere sigt på det overordnede vejnet omkring hovedstaden og ind til de større byer, hvor selvkørende egenskaber kan udnyttes først. Da disse dele af vejnettet i forvejen er præget af høj kapacitetsudnyttelse, vil det give øget trængsel og længere rejsetider. Den øgede trafik på de ovennævnte strækninger vil derfor også give mere trafik i byerne. For pendlingstrafikken vil dette blive forstærket af lokalisering længere væk fra arbejdspladserne.

Når trafikanterne vælger at køre mere i bil trods øget trængsel, er det fordi, faldet i tidsværdien mere end opvejer den længere rejsetid. Fra et samfundsøkonomisk perspektiv er det væsentligt at notere sig, at selv om trængslen stiger, vil der samlet set blive tale om en gevinst for trafikanterne med selvkørende biler i en situation, hvor alle har selvstyrende biler og får en fordel ved det.

De samlede omkostninger ved trængsel, dvs. hvad tidstabet koster som følge af nedsat rejsehastighed, kan derimod godt stige. Det vil være tilfældet, hvis den procent stigning

Smalle vognbaner til LKA-biler kan også fremme mikro-biler, hvis de ligeledes tillades at køre i de smalle spor.

Man kan forestille sig, at en kombination af deleøkonomiske forretningskoncepter med en opdeling i bilforbruget i store (dele-)biler til lange ture, og små biler i det daglige, kan give et stort potentiale for én-personers mikrobiler. Især som pendlingskøretøjer, hvor der i forvejen kun sidder én i de fleste af bilerne.

Det ville i givet fald kunne fremrykke indførelsen af de smalle vognbaner og mindske arealbehovet til parkeringspladser.

Micro-bilernes svagere passive trafiksikkerhed (dvs. bilens beskyttelse af de involverede personer ved kollisioner) vil i dagens situation være en hæmmende faktor for udbredelsen. Men i en fuldt automatiseret fremtid, hvor sikkerheden er meget høj, vil det formentlig være af mindre betydning.

Toyota i-Road Electric Urban Minicar



i tidstabet som følge af den øgede trængsel er større end faldet i tidsværdien. Trafikmodelberegninger foretaget af Vejdirektoratet i 2015 indikerer jf. boks nedenfor, at denne situation er tilfældet i Hovedstadsområdet. Her giver et generelt fald i tidsværdien på 20% anledning til en samlet trafikstigning på 8%, men også en stigning i forsinkelsestiden på 22%. Dette forstærkes af, at rejsetiden også forøges for andre transportformer, men som ikke får en lavere tidsværdi dvs. lastbiler, buspassagerer samt eventuelt cykel og gang. Øgede trængselsomkostninger vil alt andet lige skærpe fordelene ved en regulering, der begrænser trafikken på at steder og tidspunkter, hvor trængslen er høj.

Modelberegning af selvkørende bilers trafikale konsekvenser

I 2015 fik Vejdirektoratet gennemført beregninger med OTM-modellen med henblik på at få en indikation af, hvad selvkørende biler ville betyde for trafikken.

Her blev forudsat, øget kapacitet på vejnettet pga. mere jævn kørsel og muligheden for at køre tættere. Af samme grund er kapaciteten alene øget på vejene og ikke i lyskrydsene. Der er endvidere forudsat lavere kørselsomkostninger på grund af mere energieffektiv kørsel, samt lavere parkeringsomkostninger og kortere søgetid, fordi det bliver nemmere og billigere at parkere med automatiserede biler.

Resultatet af OTM-beregningen er, at trafikarbejdet i hovedstadsområdet er 14 pct. større i et scenarie, hvor alle biler er selvkørende sammenlignet med et scenarie, hvor ingen biler er selvkørende. På motorvejene er trafikarbejdet 20 pct. større. Og på hele vejnettet er forsinkelsestiden samlet set 15 pct. større. Resultaterne kan dog kun tolkes som en første indikation af effekternes størrelsesorden, da modellen ikke er velegnet til denne type beregninger.

Når førere i selvkørende biler oplever rejsetiden som en mindre ulempe, vil det alt andet lige mindske gevinsten ved sparet rejsetid. En given investering i kapacitetsudvidelse kan derfor først betale sig ved et højere trængselsniveau med lavere fremkommelighed. Omvendt vil opgraderinger fra landevej til motorvej give større afkast, så længe selvkørende egenskaber kun kan benyttes på motorveje. Den effekt forstærkes af, at flere vil vælge motorvejen frem for alternative ruter.

Mobilitet for alle

De bilister, som ikke benytter selvkørende biler, vil opleve større omkostninger der, hvor den øgede trafik med selvkørende biler fører til mere trængsel og længere rejsetider. I starten vil teknologien være mere bekostelig og derfor kun tilbydes til de dyrere biler, som oftest købes som firmabiler og af højindkomstgrupper.

Bilister i ikke-selv-kørende biler vil med længere rejsetider med bil få øgede omkostninger. De får derfor større tilskyndelse til at benytte cykel, tog og til dels bus i myldretiden på kortere ture i hovedstadsområdet og i de større byer, i det omfang disse alternativer ikke påvirkes i samme grad af trængslen. Det kan delvist kompensere for, at en del af den øgede selvkørende trafik vil være overflytning fra disse transportformer.

En afledt effekt af den mindre ulempe ved rejsetiden vil formentlig være ændret lokalisering i form af bosætning længere væk fra arbejdspladsen og byen. Det kan resultere i byspredning og fordyre et uændret serviceniveau i den kollektive trafik for alle. For trafikken mellem byerne vil toget stå som et relativt svagere alternativ for dem, der har mulighed for at benytte en selvkørende bil, fordi muligheden for at udnytte tiden i toget ikke længere har samme konkurrencemæssige fordele, jf. kapitel 7.1.



Påvirkning af omgivelserne

Selvkørende biler forventes at give anledning til større trafiksikkerhed ved at reducere den menneskelige faktor, som er hovedårsagen i langt de fleste alvorlige trafikuheld. Samlet set sker der i Danmark i dag over 2.000 personskadeuheld årligt med personbiler involveret, og en betydelig af disse vil formentlig kunne undgås, hvis alle biler var selvkørende.

Hyppigheden af alvorlige trafikuheld er dog som nævnt reduceret markant over de seneste fire årtier. Så selv om der er et samfundsmæssigt potentiale i større trafiksikkerhed med selvkørende biler, er bevidstheden om risikoen for ulykker formentlig ikke en nævneværdig begrænsning i folks brug af bilen. Derimod kan en lavere ulykkesrisiko ved automatisering betyde lavere faste omkostninger til forsikring, hvis forsikringspræmien bliver lavere for selvkørende biler.

Hvis bilens software bestemmer hastigheden, kræver det aktiv politisk stillingtagen til, hvorvidt man vil tillade, at bilen vælger at køre med hastigheder over det tilladte på en given strækning. Allerede i dag vil det være teknisk muligt at håndhæve hastighedsgrænserne via softwaren i nye biler.

I forhold til dagens situation er der dog tre faktorer, som kan dæmpe effekten på trafiksikkerheden af selvstyrende biler:

- Stigende udbredelse af førerstøttesystemer og andet sikkerhedsudstyr i bilmodeller, som ikke er selvstyrende vil formentlig under alle omstændigheder fortsætte den hidtidige langsigtede trend mod sikrere trafik.
- Risikoen for uansvarlig brug, hvor føreren ikke er fuldt klar til at overtage kørslen f.eks. falder i søvn eller kører alkoholpåvirket. Dette gælder specielt for biler på niveau 3.
- Hvis bilen på et tidspunkt kan være selvkørende i en meget stor del af tiden, kan det medføre manglende rutine hos føreren, når denne tager over.

Baseret på hidtidige erfaringer med førerstøttesystemer må man dog antage, at selvkørende teknologi først godkendes generelt, når det alt i alt vurderes at føre til større trafiksikkerhed¹⁰⁹⁾. Der kan netop være en trafiksikkerhedsrisiko ved at nogle førere i praksis vil forlade sig på bilens selvkørende egenskaber udover, hvad producenten har designet den til og hvad myndighederne har godkendt. Det er en kritisk faktor, hvilket også er anført som en central begrundelse for at nogle udviklere, eksempelvis Google's Waymo, satser på en automatiseringsstrategi, der fra starten er tænkt som førerløs. I boksen nedenfor beskrives de praktiske problemstillinger forbundet med at en førerløs bil går i stå på vejnettet.

Førerløs kørsel

Førerløs kørsel rejser en række praktiske komplikationer, for eksempel ved driftsstop og uforudsete hændelser efter, at bilen er bragt til standsning. Der skal være en klar identifikation af, hvem der har det ansvar for bilen, som i dag påhviler føreren.

Denne problemstilling vil formentlig kunne løses gennem en slags avanceret 'Falck-abonnement', hvor bilproducenter eller andre tilbyder en form for løbende overvågningsservice, der kan kommunikere med politi og andre og i givet fald give mulighed for manual kørsel. Gennem EU er der besluttet regler om, at nye biler fra 2018 skal være udstyret med en sovende mobiltelefon – det såkaldte 'eCall' – som ringer til alarmcentralen ved et alvorligt uheld.

I den sammenhæng er cybersecurity et vigtigt aspekt. Risikoen for *hacking*, der kan føre til forstyrrelse eller bevidst indgriben med henblik på f.eks. terror eller anden kriminalitet. Det kan især blive en problemstilling, hvis automatiseringen ikke alene baseres på bilens egne sensorer, men også på information fra f.eks. andre biler eller infrastrukturen. Det er således et emne, hvor der både i USA og EU arbejdes intensivt med standarder og guidelines. De IT-mæssige udfordringer ved hacking af trådløs kommunikation er ikke særegne for transportsektoren, men konsekvenserne kan være meget alvorlige, jf. det seneste års terrorangreb med lastbiler mod folkemængder.

Den øgede biltrafik vil give anledning til påvirkning af byrummet og mere støj og luftforurening osv. i næsten samme omfang, som hvis der var tale om ikke-selvkørende biler. Selvkørende biler vil gennem jævnere kørsel dog være lidt mere energieffektive per km. Det vil også give lidt mindre luftforurening i det omfang, bilerne fortsat har forbrændingsmotor.

INDSIGTER

- Det er usikkert, hvor avancerede selvstyrende egenskaber der skal til, for at bilføreren for alvor kan udnytte rejsetiden til andre aktiviteter. Det er ligeledes uafklaret, hvor meget dette vil mindske ulempen ved rejsetiden for føreren, og hvor meget det vil påvirke den trafikale adfærd.
- Selvstyrende egenskaber er på vej på markedet. Men de vil formentlig tidligst være udbredt svarende til cirka halvdelen af kørslen omkring 2030-2035. 6. 4 Forskellige niveauer af selvkørende egenskaber vil gradvist blive introduceret på markedet for private biler. Fra teknologiens markedsintroduktion til stor udbredelse på vejene vil der gå mange år. Det beror på to faktorer:
 - Nye teknologier vinder erfaringsmæssigt langsomt indpas i nybilsalget, med mindre de fremmes politisk. Indtrængningshastigheden vil afhænge af bilkøbernes vurdering af fordelene ved selvkørende egenskaber og af teknologiens omkostninger.
 - Gennemslaget i bilparken sker langsomt på grund af bilernes lange levetid.
- En høj værdibaseret registreringsafgift indebærer, at udbredelsen af automatiserede private biler kommer til at ske i et langsommere tempo end i lande med lave eller ingen værdibaserede bilafgifter.
- Når tiden kan udnyttes til andre aktiviteter, øges betydningen af, at kørslen opleves som komfortabel. Det stiller skærpede krav til udformning af vejinfrastrukturen og øger motorvejens attraktivitet.
- Selvstyrende biler udstyret med førerstøttesystemer, der hjælper med at holde bilen inden for vognbanen (Lane Keeping Assist eller LKA) kan øge kapaciteten af motorveje, fordi de ikke behøver så brede spor. Når markedsandelen af biler med LKA på sigt er tilstrækkelig stor, kan visse motorveje ombygges til flere spor med 1 eller 2 LKA-spor i hver retning. I fremtidige motorvejsprojekter bør man afveje de potentielle fordele ved at forberede denne mulighed mod meromkostningerne.
- Selvstyrende egenskaber vil sandsynligvis forbedre trafiksikkerheden på mellem-lang sigt. Der kan dog være en risiko ved systemer baseret på betinget automatisering (SAE-3), der kræver at føreren skal være klar til at gribe ind. Det kan være vanskeligt at sikre, at føreren ikke forlader sig på egenskaberne i større omfang, end de tillader.
- Udbredelse af førerstøttesystemer og andet sikkerhedsudstyr vil formentlig fortsætte den hidtidige langsigtede trend i retning af en mere sikker trafik. Førerløse biler, hvor den menneskelige faktor helt er elimineret, har på længere sigt potentiale til at forstærke denne trend.
- En række førerstøttesystemer, som allerede er på markedet, kan bidrage til færre trafikuheld. Deres udbredelse i de solgte nye biler bremses imidlertid af den værdibaserede registreringsafgift, som indebærer en indirekte beskatning af sikkerhedsudstyr. Dette kan undgås ved et kompenserende fradrag i registreringsafgiften for førerstøttesystemer, der fremmer den aktive trafiksikkerhed.

6.4 Førerløse biler – automatisering af private biler på niveau 4/5

Det afgørende ved førerløse biler på niveau 4 i forhold til selvkørende biler på niveau 3 er, at bilen ikke baserer sig på, at føreren overtager, hvis kørselssituationen bliver for kompleks. Bilen skal derfor være i stand til selv at afslutte kørslen og parkere på sikker og forsvarlig vis uden førerens indgriben. Når teknologien er tilstrækkelig driftssikker til, at nødstop kun indtræffer sjældent på den infrastruktur, som bilen betjener, kan myndighederne åbne for kørsel, hvor der ikke altid er en fører i bilen.

Eksempler på nylige vurderinger af, hvornår niveau 4-biler introduceres på markedet

McKinsey (2017)¹¹⁰⁾ forventer, at de første niveau-4-biler vil blive introduceret i løbet af de næste fem år, men at niveau 5-biler stadig er over et årti fra at blive klar.

Boston Consulting Group (2017)¹¹¹⁾ forventer, at autonome el-biler kommer til at stå for 25% af kørslen i USA i 2030 og er således noget mere optimistiske end Vejdirektoratet, som er inspireret af betragtningerne i Litman (2014)¹¹²⁾.

Litman (2017)¹¹³⁾ forventer, at nogle af fordelene med den selvkørende mobilitet vil kunne høstes for primært den velhavende del af befolkningen i 2020-erne og 2030-erne. Men de fleste funktioner og konsekvenser vurderes først til at blive betydelige, når selvkørende biler bliver almindelige og overkommelige, sandsynligvis i 2040'erne til 2060'erne.

RethinkX (2017)¹¹⁴⁾ forventer en væsentlig hurtigere overgang og vurderer, at førerløse biler vil blive en realitet inden for 2-5 år, og at 95% af al kørsel i USA i 2030 vil blive foretaget af førerløse elbiler i en taxakoncept, der integreres med brugerne via Mobility as Service-løsninger, som præsenteret i afsnit 5.x. Det er RethinkX's vurdering, at udviklingen vil blive drevet af økonomien bag de nye forretningsformer, der gør førerløse delebilskoncepter fire til ti gange billigere end privat bilejerskab for forbrugeren.

Nogle udviklere af automatiserede biler forventer endog at introducere niveau-4-biler allerede i 2018 og 2019 til taxakørsel i byerne.

Hvornår?

Der tegner sig som beskrevet i afsnit 6.1 to udviklingsspor i retning af udbredelse af førerløse personbiler og et tredje spor med fokus på førerløse busser:

- Det første spor er en evolutionær forbedring af dagens biler, hvor biler på et indledningsvist stærkt begrænset niveau-3 gradvist bliver mere avancerede og robuste til, bilen i praksis opleves som niveau 4. Det evolutionære ligger i at det er erfaringen fra mange timers kørsel, der determinerer, at behovet for indgriben opstår stadigt sjældnere og med realistiske varselstider, der giver brugeren en reel chance for at forhindre en hændelse. I denne optik er det således et formelt myndighedsgodkendt skridt, som afgør, at kørslen under givne betingelser kan foregå som førerløs niveau 4.

Denne videreførelse af udviklingen forstærker de effekter, der er beskrevet under selvstyrende biler på niveau-3-biler gennem et endnu større fald i rejsetidsværdierne. Samtidig vil den forventeligt blive udbredt efter det mønster, der er kort beskrevet i afsnit 6.3 i de geografiske områder.

Nogle bilproducenter har meldt ud, at de først vil bringe selvkørende biler på markedet, når man har nået et udviklingsniveau, der reelt er førerløs drift på niveau 4. Det skyldes angiveligt, at disse bilproducenter vurderer, at ansvarsforhold for selvstyrende biler er for uklare og udgør en potentiel sikkerhedsbrist, hvis føreren bevidst eller ubevidst benytter bilen forkert.

- *Det andet spor satser på biler, som fra starten er tænkt som førerløse.* De producenter, der har valgt denne strategi, fokuserer på førerløs kørsel i bytrafik i velafgrænsede områder. Trafikken i byer er betydeligt mere kompleks end på motorveje. Hastigheden er til gengæld lavere, så bilen ikke skal kunne overskue trafiksituationen lige så langt frem. Udviklingen hos disse producenter er ikke rettet mod salg til private, men som førerløse taxakoncerter. Dette behandles nærmere i afsnit 6.4.
- *Det tredje udviklingsspor er førerløse busser, som indtil videre er nye køretøjer, der fra grunden er designet som førerløse.* Til forskel for de førerløse taxakoncerter er de dog i begyndelsen udviklet til førerløs drift i nicheanvendelser under begrænsende betingelser, som endnu ikke omfatter almindelig rutedrift. Afsnit 6.5 beskriver dette koncept.

Der er meget forskellige vurderinger af, hvornår biler førerløse biler på niveau 4 er klar til markedet. Men forskellene dækker også over graden af begrænsninger, ikke mindst om det inkluderer bykørsel. Vejdirektoratet vurderede i 2016, at førerløse biler vil blive introduceret mellem 2019 og 2025. ETRAC (2017) angiver 2025 for introduktion førerløs drift på niveau 4 på motorvejskørsel og, bemærkelsesværdigt nok, kun to-tre år senere for bykørsel. På mange måder ligger konsekvenserne for bilisten af tidlig førerløs kørsel på niveau 4 ad den evolutionære sti for selvstyrende biler. ITF (2015)¹¹⁵⁾ skelner mellem fem dimensioner i deres definition af automatiseringsniveauerne:

Geografi:	Herunder landegrænser, land og by
Vejtype:	Modkørende trafik, kvaliteten af afstribning og skiltning, overflade og kurveforløb m.v.
Trafiktype:	Eget tracé eller blandet trafik, herunder bløde trafikanter, hastighed m.v.
Vejforhold:	Dagslys, mørke, nedbørsintensitet, glatføre m.v.
Hændelser:	Typer af risikosituationer, som bilen kan vurdere; f.eks. skelne mellem en sten og en plasticpose på vejen.

Nogle af disse, formentlig de første fire, kan benyttes af producenter og regulerende myndigheder som kriterier til at afgrænse, under hvilke omstændigheder der gives mulighed for at brugerne anvender de nye egenskaber.

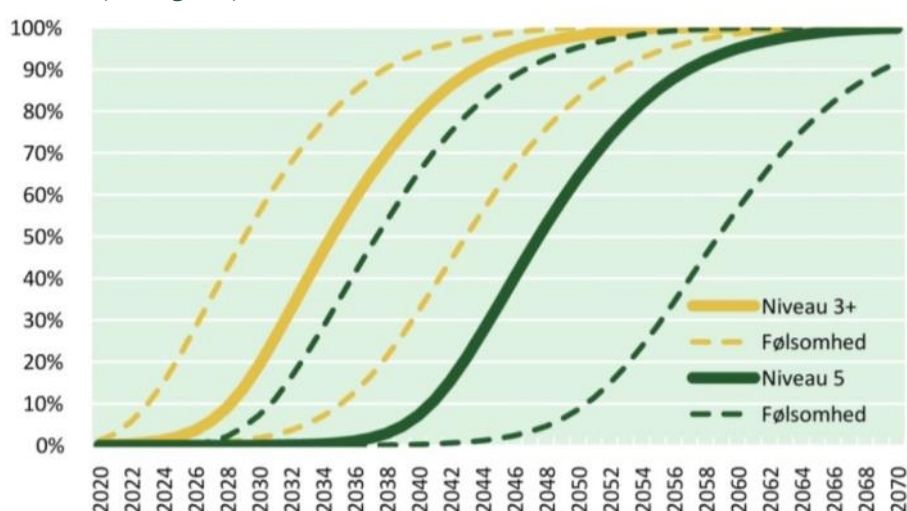
Det helt afgørende nybrud bliver når førerløs kørsel bliver muligt dør-til-dør, da det åbner for, at nye befolkningsgruppers uden kørekort får adgang til at benytte bil. Det vil selvsagt skabe helt nye typer af trafik, når f.eks. skolebørn kan få adgang til bil uden deres forældre. I fuld skala vil det kræve, at førerløs niveau-4-kørsel bliver muligt også i bytrafik uanset trafiktætheden, dvs. tæt på niveau 5. Men man kan forestille sig, at det i starten kun bliver muligt på dele af vejnettet med mindre komplekst trafikbillede, f.eks. i forstæder, mindre byer og på landet ud over motorvejsnettet.

Formentlig vil dette tidligst være teknisk muligt efter 2025. Og graden af forsigtighed i myndighedernes regulering vil spille en væsentlig rolle for, hvor længe derefter førerløs teknologi bliver geografisk udbredt. Væsentlige uafklarede aspekter omfatter, hvilke krav der stilles til infrastrukturen og digital kortkvalitet, vedligehold og afstribning på det overordnede vejnet samt spørgsmålet om, hvorvidt selvkørende biler i byen vise sig at være betinget af pålidelig kommunikation mellem biler og infrastruktur, som nærmere beskrevet i afsnit 4.2¹¹⁶⁾

Den høje danske værdibaserede registreringsafgift gør endvidere teknologien til automatisering dyrere end i de fleste andre lande. Det vil alt andet lige bidrage til, at udbredelsen af teknologien kommer senere i Danmark. Trafikbilledet i Danmarks byer med mange cyklister adskiller sig endvidere fra de lande, hvor bilerne bliver produceret. Det vil formentlig ligeledes bevirke, at førerløs bykørsel kommer senere i Danmark, end i lande, hvor den motoriserede trafik er helt dominerende på vejene i byerne. F.eks. USA.

Private biler, der kan anvendes førerløst, dvs. med avanceret niveau 4 egenskaber der kommer tæt på niveau 5, vil formentlig blive introduceret betydeligt senere end selvstyrende biler. Vejdirektoratet forventer, at niveau 5-biler vil blive introduceret på markedet i 2030. Indtrængningsforløbet vil formentlig følge mønstret for selvstyrende biler med ca. 10 års forskydning, med noget større usikkerhed opadtil, jf. de grønne kurver i Figur 6.4. De vil for alvor vinde markedsandele i 2040'erne, men først omkring 2065 vil stort set alt trafikarbejde blive udført med niveau 5-biler.

Figur 6.4 Indfasningen af selvkørende biler i Danmark



Kilde: Vejdirektoratet

Hvis det er muligt at opdatere softwaren og installere nye sensorer i tidlige niveau-4-biler, som ikke kan køre førerløst i byerne, vil udbredelsen kunne ske hurtigere. Øget udbredelse af delebiler vil også kunne øge udbredelsen, hvis delebiler bruges hyppigere og derved har kortere levetid. Hastigheden af indfasning af de højt automatiserede biler er præget af meget stor usikkerhed og afhænger af en række forhold. Eksempelvis vil bilafgifter, produktionsomkostninger for nye biler, lovgivning, forsikring, udbredelsen af selvkørende taxaer mv. have en stor indflydelse på, hvor hurtigt fuldt automatiserede biler vil blive introduceret og vinde markedsandele.

Efterspørgsel – ture uden fører

Tidsværdien vil generelt være lavere end ved selvstyrende biler, fordi man nu kan være 100% mentalt afkoblet fra kørslen. Det vil i sig selv give anledning til større efterspørgsel efter bilture og mere overflytning fra andre transportformer efter de samme linjer som beskrevet i afsnit 6.3. Men der er især en række efterspørgselsforøgende effekter, som er markant anderledes, når bilerne i vid udstrækning får mulighed for at køre førerløst:

- Personer uden kørekort vil være i stand til at benytte bil uden at være afhængige af, at andre kører. Det gælder først og fremmest børn og unge samt mange ældre, men også ca. 10% af den mellemliggende del af befolkningen.

- Bilrådigheden i flerpersoners husholdninger stiger, fordi den private bil kan køre flere ture, når den ikke er bundet til destinationen. Eksempelvis kan den efter en morgenpendlingstur køre tilbage og være til rådighed for resten af familien, indtil den skal køre den arbejdende tilbage fra arbejdspladsen om eftermiddagen.
- Forsendelse af pakker og genstande med bilen bliver muligt med tidsomkostning på nul.
- Søgetid og parkeringsafgift ved parkering i centrum af hovedstaden og de større byer er i dag en væsentlig begrænsning for bilkørslen. Derfor vil omkostningerne ved bilture til bycentrene falde, når bilen selv kan køre længere væk for at parkere. Dette forstærkes af, at man kan sættes af helt tæt på destinationen.

Især på lange ture kan det give muligheder for at sove, læse, se på skærme og for sociale aktiviteter, hvis der er flere i bilen. Det er på nuværende tidspunkt usikkert, i hvilket omfang fremtidens bilbrugere vil tage disse muligheder til sig. Men i givet fald vil en del af bilerne blive designet til at udnytte disse muligheder, så bilen i endnu højere grad bliver en forlængelse af boligens eller arbejdspladsens opholdsrum.

Allerede i dag ses konceptbiler fra mange bilfabrikker, der skal illustrere disse muligheder. Det kan føre til helt nye aktivitetsmønstre båret af, at rejsetiden over større afstande ikke opfattes primært som en omkostning men som et aktiv og en integreret del af livsstilen. Formentlig vil det medføre lokaliseringsmønstre, der udnytter den større mobilitet og genererer mere trafik, men det er vanskeligt at forudsige mere konkret, hvordan, og dermed også at vurdere, de fulde konsekvenser.

Alt i alt vil udnyttelsen af mulighederne ved førerløs kørsel kunne udfoldes bedre i større og mere komfortable biler. Egenskaberne udnyttes formentlig bedst på længere rejser, som af samme grund vil stige. Da disse for de fleste ikke er hverdagsture, vil det give incitamenter til delebilsordninger for denne type (dyre) biler. Måske samtidig med at mange har egen mindre og billigere bil med mere konventionel indretning til daglig brug med kortere ture. Dette vil kunne understøtte perspektiverne for mikrobil-konceptet, jf. afsnit 6.2.

Hvis merprisen for niveau-4-biler bliver høj, vil det begrænse salget som privatbiler og i stedet trække i retning af deleøkonomiske forretningsmodeller og førerløse taxaer i bytrafikken. Bilerne vil i begge tilfælde køre mere og dermed også blive udskiftet hurtigere, hvilket vil øge de nye teknologiers indtrængningshastighed i både bilpark og kørsel.

Førerløse delebiler kan ligesom taxaer omplacere sig mellem kunder, så brugeren ikke behøver at komme til specifikke opsamlingspunkter, og 'free-floating' delebiler undgår dermed at "strande" på lokaliteter uden efterspørgsel. Formentligt vil det gøre delebilskoncepter billigere, mere fleksible og mere udbredte, hvilket vil øge biladgangen for personer, der ellers ikke har biladgang. Ydermere kan det muligvis ske før egentlig førerløs kørsel, fordi omplaceringen kan foregå ved lav hastighed, når trafikken tillader det.

I dag udgør chaufførlønnen ca. 75% af en taxaturs pris. Hvis omkostninger til chaufføren kan spares væk, falder de samlede udgifter til taxakørslen, herunder også værdien af passagerens rejsetid, til ca. en tredjedel for privates ture. Førerløse taxaer vil derfor under alle omstændigheder give en meget betydelig konkurrenceforbedring, også i forhold til egen bil¹¹⁷⁾. Det kan få nogen til at droppe bilejerskab og dermed føre til en mindre bilpark.

Konceptet vil dog ikke nødvendigvis betyde mindre kørsel samlet set, da en del af brugerne som i dag ellers ikke ville køre bil. Førerløse taxikoncepter er behandlet i afsnit 6.4.

Kapacitet

Overvejelserne vedrørende kapacitetskonsekvenserne i forhold til trafikafvikling adskiller sig ikke væsentligt fra niveau 3. Dog med den forskel, at bilisterne vil være mere tilbøjelige til at udnytte egenskaberne, da fordelene er større, jf. ovenfor.

Førerløse biler vil være mindre afhængige af parkeringsmuligheder i bycentre, hvor pladsen er knap. I København er udgifterne til parkering og vanskelighederne ved at finde en ledig parkeringsmulighed tæt på destinationen en væsentlig begrænsning for bilture til centrum. Førerløse biler kan efter afsætning selv køre til satellit-parkeringspladser tilstrækkeligt langt fra centrum. For kortere ophold kan bilisten endda vælge i stedet at lade bilen cirkulere i destinationsområdet indtil man ønsker at blive hentet.

Begge disse muligheder har den oplagte konsekvens, at det skaber yderligere tomkørsel. Dette skal der, lige som den generelt øgede efterspørgsel, tages højde for i en samlet afvejning af, at udnytte dele af de eksisterende parkeringsarealer til andre formål. Endvidere må der tages højde for, at dele af parkeringsarealerne skal erstattes af afsætnings- og opsamlingszoner.

Trafikomfang og trængsel

Den samlede efterspørgsel vil som nævnt generelt stige ud fra alle de samme begrundelser som for betinget selvkørende biler. Stigningen må dog forventes at blive markant større til dels på grund af et større fald i tidsværdien, men især på grund af de kvalitativt nye muligheder, som førerløs kørsel giver.

Stigningen vil ligesom teknologien komme først i ture mellem byerne, men presset på kapaciteten kan dæmpes i det uvisse omfang, at fortrinsvist lange ture vil foregå om natten i biler, der er designet til passagererne kan sove undervejs, og hvor hastigheden kan tilpasses ønsket ankomsttidspunkt. Omvendt vil trængslens selvregulerende dæmpning af efterspørgslen blive mindre, når længere, men forudsigelige, rejsetider opleves som en mindre ulempe.

I de tætbefolkede områder i København og de større byer vil flere af de nye typer af efterspørgsel formentlig være størst og have de største konsekvenser. Det skyldes, at generne fra trængselsproblemerne i forvejen vil være store her, og større end i dag på grund af indkomst- og befolkningsvækst, jf. kapitel 3. Tomkørslen vil være et særligt problem, fordi ulempen ved nedsat hastighed, som følge af trængsel, vil være tilnærmelsesvis nul, hvis man blot kunne være sikker på, at bilen var fremme til at hente passagererne på det ønskede tidspunkt. Pålidelig realtidsinformation om turspecifikke rejsetider vil i så fald blive vigtig.

Samtidig mister parkeringsbetaling sin virkning som regulator på kørslen til centrum, med mindre det også koster noget at køre i byen. Samlet set er der en meget stor risiko for at førerløs kørsel i byerne kan lede til markant mere trafik og få meget omfattende negative konsekvenser for mobiliteten i byerne. Ikke kun for bil, men også for cykel og gang.



Mobilitet for alle

En meget væsentlig effekt af førerløse biler er muligheden for en *markant forøgelse* mobiliteten for alle, der i dag ikke har kørekort og derfor er afhængig af kollektiv transport eller kørelejlighed. Det gælder ikke mindst i tyndtbefolkede områder og på tidspunkter, hvor det kollektive transporttilbud er beskedent. I disse situationer kan førerløse biler forventes at få store konsekvenser for omfang og organisering af den kollektive trafik.

I de mindre byer og landområder vil den stigende efterspørgsel efter biltransport ikke give samme trængselsudfordringer, fordi kapacitetsproblemer ikke er et udbredt problem. Den kollektive trafik har i disse områder ikke den samme kapacitetsfunktion som i Hovedstadsområdet og til dels de større byer, hvor bus og tog især i spidsbelastningsperioderne har en væsentlig trængselsreducerende effekt¹¹⁸⁾.

Den kollektive trafiks vigtigste funktion i de mindre byer og landområder er at udfylde den offentlige serviceforpligtelse til at sikre mobilitet for alle borgere. Hvis førerløse biler bevirker, at også unge og ældre samt andre uden kørekort får adgang til at benytte bil, vil dette argument for den offentlige serviceforpligtelse have mindre betydning.

Påvirkning af omgivelserne

Muligheden for at udnytte tiden under førerløs kørsel, og for automatisk og ofte tom ompositionering af bilerne efter brug, er en afgørende lempelse af begrænsningerne i vores måde at bruge bilen på. Det vil uden tvivl påvirke tilrettelæggelsen af vores hverdag og måske hele vores livsstil. Ændringerne forstærkes yderligere, når førerløse biler kombineres med de nye forretningsmodeller. Når automatiseringen er fuldt udrullet er perspektiverne så vidtgående, at det er meget vanskeligt at forudsige både omfang og karakter af forandringerne.

Et perspektiv er, at *bosætning i landområder* og små byer bliver mere attraktivt, når førerløse biler reducerer ulempen ved længere pendlingstider. Endvidere er pendlingsbilerne ikke nødvendigvis optaget hele arbejdsdagen, da de kan returnere til hjemmet og

benyttes af familiens børn og unge. Har man adgang til to biler i familien vil man kompensere for den kollektive trafiks iboende lave serviceniveau i tyndt befolkede områder og formentlig være en langt mindre hindring for familiens samlede mobilitet og tilgængelighed til fritidsaktiviteter, oplevelser og byliv.

Et risikoscenarie for de tættest befolkede centre af de større byer og især Hovedstadsområdet er en radikalt *forværret trafiksituation* med et meget højt trængselsniveau over store dele af dagen. Uden regulering vil det generelt forringe *fremkommeligheden i disse områder*. Med det mindre behov for parkering kan man politisk vælge at prioritere en del af gadeparkerings-arealerne til trafikafvikling i stedet for. Det er dog vanskeligt at forudsige, om det vil kunne forbedre den trafikale situation væsentligt.

Hvis antallet af parkeringspladser i de større byer reduceres, som konsekvens af førerløse bilers mindre behov for at parkere her, vil det medføre færre indtægter fra parkeringsafgifter. For landet som helhed udgør de samlede bruttoindtægter fra parkering knap en milliard kr. om året¹¹⁹⁾. Formentlig vil dette dog blive mere end opvejet af at flere får mulighed for at benytte bil, hvilket vil føre til en større efterspørgsel efter bil og dermed en større skattebase for bilafgifterne.

Til gengæld kan mindre behov for kollektiv bustrafik i tyndtbefolkede områder i kombination med nye koncepter give anledning til behov for færre subsidier. I dag modtager de kollektive trafikselskaber godt 4 mia. kr. i tilskud til busdriften fra kommuner og regioner¹²⁰⁾.

Førerløse biler har potentiale til at give markante forbedringer af trafiksikkerheden, fordi den menneskelige faktor i bilen bliver elimineret. Men den menneskelige faktor jo fortsat vil være i spil blandt bløde trafikanter og ikke-selvkørende biler. Mange uheld undgås, fordi opmærksomme bilister aflæser medtrafikanter intentioner ud fra kropssprog eller kørselsmønster, inden risikosituationen opstår. Hvis førerløse biler ikke er i stand til dette på samme niveau, kan det mindske forbedringen af trafiksikkerheden.

I myndighedernes regulering af transportsystemets sikkerhed er tolerancen over for tekniske systemfejl væsentligt mindre end, hvad vi accepterer for menneskelige fejl hos private bilførere. Det må også forventes at gælde i forhold til indførelse af førerløse biler. Hvis der opstår tvivl, om førerløse biler kan honorere et krav om ubetinget større trafiksikkerhed, vil det formentlig føre til restriktioner i brugen snarere end accept af et lavere sikkerhedsniveau. Som tidligere nævnt kan det dog være vanskeligt at dokumentere et højere trafiksikkerhedsniveau, fordi hyppigheden af alvorlige uheld i dag er meget lille i forhold til kørselsomfanget.

Et muligt perspektiv kunne være, at førerløse biler på lang sigt kan gøre alvorlige trafikuheld så sjældne, at bilernes konstruktion kan ignorere hensyn til den passive trafiksikkerhed. Passivt sikkerhedsudstyr er med til at reducere graden af de skader, der følger med et eventuelt uheld. En nedtoning af dette vil kunne føre til markant lettere biler med deraf følgende mindre behov for motorkraft og højere energieffektivitet og radikalt nye designmuligheder. Bilerne vil formentlig også kunne produceres billigere.

Førerløse biler vil også kunne medføre færre udgifter til håndhævelse af færdselsregler og behandling af ulykker. Endelig vil den øgede produktivitet som følge af muligheden for at arbejde mere eksempelvis ved pendling i sidste ende føre til flere skatteindtægter.

INDSIGTER

- Stor udbredelse af førerløse private biler ligger formentlig langt ude i fremtiden, men der er stor usikkerhed og mangel på konsensus om tidsperspektivet. Førerløs kørsel i private biler kræver et automatiseringsniveau, der næppe introduceres før 2030. Førerløse biler vil derfor formentlig først stå for halvdelen af kørslen omkring 2040-2045 og måske først langt senere.
- Det vil revolutionere transportsektoren, når biler på lang sigt kan køre førerløst på alle veje under alle vejrforhold. Hvis bilen kan hente brugeren og fjernparkere selv, vil det skabe muligheder for helt nye og uforudsigelige måder at bruge biler på. Konsekvenserne for transportefterspørgslen og behovet for tilpasning af transport-systemet kan derfor potentielt være meget store.
- Sensorteknologiens udvikling går så stærkt, at selvkørende biler formentlig ikke giver anledning til behov for tydeligere afstribning af vognbaner på motorvejsnettet. Men kvaliteten af afstribningen kan blive et kriterie for, hvor bilerne kan blive selvkørende på det øvrige vejnet.
- Delebilskoncepter kan få større forretningsmæssigt potentiale, hvis de kan omplacere sig førerløst mellem brugerne på samme måde som dagens taxaer. Dette kan blive muligt før egentlig førerløs kørsel, fordi omplaceringen kan foregå ved lav hastighed, når trafikthæthed (og vejrforhold) tillader det.
- Øget udbredelse af delebiler vurderes at ville føre til mindre provenu fra ejerafgiften. I det omfang konventionelt bilejerskab afløses af delebiler vil det reducere bilparken og dermed provenuet fra ejerafgiften. Dele biler for nye bilister vil føre til øget provenu fra bilafgifterne.

6.5 Førerløs taxa - automatisering af delebiler på niveau 4/5

En del amerikanske producenter, herunder både etablerede og nye informationsteknologiske virksomheder, satser på banebrydende udvikling af biler, der designes som fuldt førerløse fra starten. Mange fagfolk forbinder dette forsøg på teknologisk og forretningsmæssig disruption med store sikkerhedsmæssige udfordringer.

Man søger blandt andet at håndtere denne kompleksitet ved at afgrænse bilens anvendelsesområde geografisk til et bestemt byområde, hvor en operatør af bilerne tilbyder transport i biler som en serviceydelse, dvs. brugertilpasset kørsel.

Den forretningsmæssige idé er således, i modsætning til private biler, ikke at sælge bilerne til private brugere, men at være operatør for nye ordninger, hvor brugen af bilen deles mellem flere brugere. Det kan f.eks. dreje sig om mobilitetsløsninger baseret på 100% digital turbestilling med smartphones, som gennemgået i afsnit 5.3. Fordeling af kunder til bilerne samt optimering af bilernes positionering og ruter vil således med tiden kunne ske fuldautomatisk, således at transaktionsomkostninger og rejsetid minimeres.

Nye forretningskoncepter kan naturligvis tænkes i mange variationer med forskellige betalings- og medlemsmodeller¹²¹⁾. Her i kapitlet er de for oversigtelighedens skyld opdelt i tre hovedkategorier ud fra deres primære trafikale karakteristika:

- *Taxa*, svarende til Uber uden chauffør. Uber er blandt de selskaber, der satser intensivt på at udvikle førerløs teknologi.

- *Deletaxa*, svarende til 'UberPool'. Hvor to eller flere passagerer medtages samtidig fra forskellige udgangspunkter og til forskellige destinationer. Passagererne må derfor acceptere et element af omvejskørsel til gengæld for en lavere pris.
- *Taxabus*, som er en typisk lidt større deletaxi, der har et element af et fastlagt rute-mønster med prædefinerede stoppesteder. I forhold til taxa og deletaxi vil prisen for denne type service kunne blive endnu lavere.

Hvornår?

Nogle producenter i USA hævder at kunne påbegynde førerløse taxakoncerter i byer allerede i løbet af få år. Med de igangværende forsøg med førerløse taxaer i USA er dette et af de områder indenfor selvkørende biler, som der er flest erfaringer med. Opstart af yderligere forsøg er planlagt i amerikanske, asiatiske og europæiske byer fra 2019, f.eks. med en foreløbig forventning om bred markedsføring af førerløse taxakoncerter i tyske byer fra 2022.

Det vurderes at en anvendelse af førerløse biler i taxaflåder, der kører inden for en bestemt by eller område, giver store fordele mht. at sikre detaljerede og opdaterede digitale informationer om hele operationsområdet. Der vil også være bedre muligheder for at administrere ændringer i f.eks. bilernes geografiske område eller deres tidsbegrænsninger for kørsel. Endvidere vil det blive nemmere at understøtte køretøjernes operationer med information fra andre systemer.

Denne anvendelse af førerløse biler vil derfor kunne starte tidligere end en bredere anvendelse af førerløse biler som f.eks. private køretøjer eller førerløse delebiler. I første omgang kan forventes mere begrænsede operationsområder, der formentligt gradvist kan udvides til de dele af byen, hvor vejnettet og de øvrige trafiktyper understøtter sikkerhedsniveauet i den tekniske løsning. Med tiden kan anvendelsesområdet således udvides med nye veje, stier, pladser i byområdet.

Efterspørgsel

Sammenlignet med privatbiler vil en høj udnyttelsestid ved førerløse taxier mindske betydningen af de markante omkostninger, der i begyndelsen er forbundet med den høje grad af den tekniske automatisering og de organisatoriske behov hos operatørerne. Det er netop denne deling af omkostningerne mellem mange brugere, som fra en start kan medvirke til at skabe realisme om forretningsmodellen. Samlet kan meget lavere omkostninger end dagens taxaer gøre førerløse taxakoncerter til et attraktivt alternativ til privat bil og andre transportformer i byerne.

Kapacitet

Britiske simuleringsstudier peger på, at lave andele af førerløse biler kan have en positiv effekt på trafikafviklingen på større byveje. Der kan også være en positiv effekt på kapaciteten i det omfang, anvendelse af førerløse taxaer gør det muligt at sløjfe kantstensparkering på større veje. Jf. amerikanske erfaringer med nye taxatjenester baseret på konventionelle biler øge antallet af afhentninger og afsætninger af passagerer. Erfaringerne viser også, at et øget antal brugere medføre en ny anvendelse af vejsiderne, der kan give lokale afviklingsproblemer og især reducere kapaciteten for eksisterende kollektiv trafik og cykeltrafik.

Samlet set forventes det, at førerløse taxaer vil øge biltrafikken. Selvom der forsvinder noget af den såkaldte søgetrafik, der udgør en stor del af biltrafikken i centrale byom-

råder, så vil der i stedet opstå nogen tomkørsel, når de førerløse taxaer omplacerer sig - og flere vil få adgang til bilkørsel i hverdagen.

Kapacitetseffekter ved fuld overgang til førerløse delekoncepter

Et studie fra International Transport Forum¹²²⁾ illustrerer i stiliseret form de trafikale kapacitetseffekter ved fuld overgang til førerløse delekoncepter.

Modelberegninger simulerer effekten af at erstatte alle dagens ture med både privat bil og bus med taxaer og deletaxaer i en middelstor europæisk by, repræsenteret ved Lissabon. Forudsætninger om ventetider og omvejskørsel sikrer, at turene kan gennemføres med nogenlunde de samme rejsetider som i dag.

Med hhv. taxaer og deletaxaer kunne man erstatte godt 8 og 9 ud af 10 af dagens køretøjsflåde, og behovet for parkeringspladser ville falde nogenlunde tilsvarende. Trods fjernelse af alle busser ville trafikmængderne med deletaxaer kun stige beskedent med ca. 6%. Med taxaer vil stigningen være væsentligt større (44%). Metroens andel af turene ville stige med 50% mens cykel og gang vil blive mere end halveret i begge tilfælde.

I opfølgingsstudiet ITF(2016) blev der analyseret en mere radikal ændring, hvor hverken privatbil eller individuel taxaer er en mulighed. Til gengæld suppleres deletaxaer med taxabusser med 8 eller 16 pladser, der kører 'on-demand' uden fast rute mellem et net af stoppesteder.

Reduktionen i bilflåden og behovet for parkering bliver endnu mere udtalt og trængslen minimeres, fordi kørslen falder med ca. en tredjedel i myldretiderne samt ca. en fjerdedel over hele døgnet. Dette opnås med bedre service i forhold til dagens kollektive trafik og ventetider for deletaxaer og taxabusser, der kan sammenlignes med søgetiden for parkering.

Trafikomfang og trængsel

Væksten i trafikomfanget afhænger af balancen mellem individuelle og delte taxature. Et simulationsstudie fra MIT¹²³⁾ af taxakørslen i New York illustrerer, at potentialet for personbilernes trafikbelastning i byen gennem udbredelse af delte taxature er stort, hvis man samtidig er i stand til at optimere fordelingen af passagerer og foretage dynamisk omplacering. Med beskedne ventetider og omvejskørsler kan New Yorks over 13.000 taxaer teoretisk set reduceres til 2.000-3.000 deletaxaer afhængigt af deres maksimale kapacitet.

International Transport Forum har i en række studier gået et skridt videre og analyseret konsekvenserne af, at al kollektiv transport med bus og al privat bilkørsel erstattes af nye fleksible tilbud baseret på individuelle taxaer, deletaxaer og taxabusser.

Resultaterne indikerer jf. tabel 6.1, at byernes transport på denne måde kan håndteres effektivt med muligheder for at skabe mere attraktive bymiljøer. Samtidig med forbedret service for dem, der i dag bruger den kollektive transport, og beskedne vente- og omvejstider i deleløsningerne, kan man nøjes med en radikalt mindre bilpark. Det medfører endnu mindre behov for parkering samt en reduktion af trængslen i et omfang, som afhænger af balancen mellem de tre koncepter.

I praksis må man forestille sig, at forskellige varianter af taxaer, deletaxaer og taxabusser vil blive udbudt i samme forretningskoncept, og til dels med de samme biler. Her vil kunden mod et prisnedslag kunne bestille en delt tur med en kendt risiko for længere rejsetid pga. omvejskørsel. Dele- og lejebiler kan ligeledes omfattes af samme koncept, hvor man betaler en lavere pris per tidsenhed over et længere tidsrum, som også omfatter tid, hvor bilen ikke kører.

Tabel 6.1 Konsekvenser af førerløse taxakoncepter, modelberegninger

Biler og busser erstattes af	Taxaer	Deletaxaer
Antal biler	÷90%	÷87%
Behov for parkering	÷94%	÷89%
Trafikomfang	+6%	+44%

Kilde: ITF, Urban Mobility System Upgrade

Mobilitet for alle

Med deletaxaer og taxabus bliver grænsen mellem individuel og kollektiv transport flydende, hvilket kan forstærkes af Mobility-as-a-Service koncepter, som integrerer delebiler, taxi og deletaxier med den traditionelle ruteplanlagte kollektive trafik med hensyn til rejseplanlægning og selve betalingen af rejsen. Førerløse taxaer vil generelt være med til at øge mobiliteten for dem, der i dag har dårlig adgang til kollektiv trafik. Herunder især dem, der på grund af fysiske begrænsninger har svært ved at anvende eksempelvis bus, metro og tog som dagligt transportmiddel.

Påvirkning af omgivelserne

En øget anvendelse af taxakørsel udløst af førerløse taxaer kan have flere typer af konsekvenser for bykvalitet og byliv. Det må forventes, at førerløse taxaer vil være eldrevne, og det vil derfor være med til at forøge den andel af bytrafikken, der kører på el til gavn for støjbelastning og luftkvalitet.

Førerløse taxaer kan også være med til at øge udnyttelsen af bilparken og dermed reducere behovet for parkeringspladser i byerne. En reduktion af arealet til parkering kan give mulighed for andre anvendelser, der kan understøtte byliv, f.eks. grønne områder, nye lokale eller kommercielle aktiviteter mv.

Det forventes ikke, at førerløse taxaer vil medføre et faldende antal af cykel- eller gangture. På trods af, at mulighederne for at blive transporteret med en førerløs taxa vil tiltrække nogle cyklister og gående antages det, at færre bilejere samt mindre brug af egen bil i og til/fra byen vil trække i den modsatte retning.

På længere sigt vil en øget anvendelse af taxa-systemer dog også kunne få betydning for lokalisering af byfunktioner, der kan spredes til et større område end hidtil.

INDSIGTER

- Nye taxikoncepter er designet som førerløse fra starten, fordi forretningsmodellerne er baseret på, at chaufførlønnen kan spares.
- Udbredelse af delekoncepter vil særligt i de største byer kunne reducere indtrængningsperioden for automatiseringen gennem større udnyttelsesgrad og dermed også hurtigere omsætningshastighed af bilparken.
- Samtidig er de teknologiske udfordringer mindre med kommercielle køretøjsflåder i geografisk afgrænsede områder. Sammenholdt med de driftsøkonomiske incitamenter vil dette sandsynligvis betyde hurtigere udbredelse end for private biler i store byer.

6.6 Førerløse minibusser

Automatiske minibusser har gennem de seneste par år været testet flere steder i verden. Hidtil er det meste sket i eget tracé¹²⁴⁾, dvs. adskilt fra den øvrige trafik. Endvidere er førerløse minibusser i drift i blandt andet Heathrow. Byen Capelle aan den IJssel i Holland har siden 1999 haft operationel drift af førerløse busser i eget tracé¹²⁵⁾, og man planlægger at overgå til kørsel på offentlig vej fra starten af 2019.

I Danmark begrænser erfaringerne med førerløse minibusser sig til isolerede demonstrationsarrangementer. Der ser dog ud til at være en reel interesse for at afprøve mulighederne. Det har blandt andet været medvirkende til den ændring af færdselsloven, der fra 1. juli 2017 giver Transport-, Bygge- og Boligministeren mulighed for at tillade forsøg med selvkørende motorkøretøjer på offentlig vej. I 2017 er der indgivet en ansøgning om kørsel med minibusser under forsøgsordningen, og flere er på vej.

Førerløse busser på niveau 4 er simplere at implementere trafiksikkert, fordi de i modsætning til private biler typisk vil betjene en på forhånd fastlagt rute. Hvis denne udviklingssti får succes, kan det indebære en hurtig implementering, som betyder at gevinsterne ved automatisering kan vise sig som en relativ fordel for den kollektive trafik i forhold til private biler.

Hvornår?

Førerløse busser, der kan karakteriseres som niveau 4, er altså på markedet, men de er endnu ikke i operationel drift på offentligt vejnet. Der er således ikke tale om en velafprøvet teknologi, der er klar til markedsudbredelse.

Førerløse busser vil givetvis ikke blive udbredt gennem gradvis overgang fra gennemprøvet niveau 3, da der ikke er en driftsøkonomisk gevinst forbundet med selvkørende busser, hvis kørslen fortsat kræver en chauffør. Producenterne af busser planlægger det koncept, at bussen under kørslen være underlagt en overvågningscentral, der har ansvaret for kørslen og vil kunne overtage kontrollen og fjernstyre busserne om nødvendigt. I en række af demonstrationsprojekterne, har man dog valgt, at have en fast steward, altså en dedikeret fysisk person i bussen, som har mulighed for at overtage styringen.

I forlængelse heraf kan de førerløse minibusser ses som et naturligt første skridt i den gradvise udvikling, vi må forvente at se for busser generelt: Udfordringerne i forhold til at køre førerløst i komplekse trafiksituationer i tæt bytrafik er formentlig ikke afgørende anderledes for minibusser end for de længere busser, der i dag anvendes i den danske kollektive trafik. Størrelsen vil derfor formentlig være skalerbar på sigt og dermed være en midlertidig begrænsning.

Sammenlignet med automatisering af private biler, er busser i fast rutedrift alt andet lige simplere, da rutens detaljerede forløb og udformning vil være forprogrammeret og lagret i bussen og derfor altid vil være "genkendelig" for bussen. Teknologisk set vil det derfor være muligt at indføre førerløse minibusser før niveau-4-biler er klar til en væsentlig udbredelse. På den baggrund vurderes det, at de første operationelle anvendelser på simple ruter i blandet trafik teknisk set vil kunne finde sted i løbet af få år.

I kompleks, blandet bytrafik uden for faste ruter vil førerløse busser støde på de samme udfordringer som private biler. Indførelse til den type drift ligger derfor formentlig i nogenlunde samme tidsperspektiv som for personbiler.

Efterspørgsel – Hvor?

De indtil videre kendte modeller af førerløse minibusser kører med lav hastighed og har typisk plads til 10-15 passagerer. I den nuværende udformning er de designet til simple opgaver uden tæt blandet trafik, hvor stor kapacitet ikke er vigtig og sikkerhedsdimensionen er mindst kompleks. Med den nuværende teknologi kan minibusserne køre på forudbestemte ruter inden for et afgrænset geografisk areal eller på en defineret rute (evt. i eget trace).

De kan i dag køre operationelt med max. 20 km/t. Denne afgørende begrænsning er et spørgsmål om kort bremselængde, som gør at teknologien kun behøver at kunne overskue kørselssituationen få meter frem. Ved højere hastighed skal trafiksituationen over et meget større område kunne analyseres, hvilket stiller større krav til sensorer og kræver mere komplicerede beregninger.

Den lave hastighed er naturligvis udslagsgivende for, hvor de kan introduceres først. Da passagerkapaciteten er væsentligt mindre end normale busser, vil førerløse minibusser være mindre relevante på ruter og tidspunkter med stor efterspørgsel, med mindre, det følges op af en tilsvarende hyppighed i afgangene.

For passagererne er det ikke væsentligt, at turen foregår førerløst, hvis hastigheden er sammenlignelig med dagens busser. Det afgørende for udbredelsen er derfor, hvordan det påvirker driftsomkostningerne sammenlignet med konventionelle busser. I dag udgør chaufførlønnen omkring to tredjedele af omkostningerne til en bustime. På nuværende tidspunkt findes der ikke en reel markedspris på de selvkørende busser, og de forsøgsprojekter, der finder sted, er typisk støttet af strategiske udviklingspuljer. Men selv hvis minibusserne viser sig at være noget dyrere end traditionelle busser i indkøb og drift også på sigt, vil chaufførens store andel af omkostningerne give et potentiale for markant lavere omkostninger per bustime.

Et afgørende punkt er derfor, om teknologien viser sig operationel også med højere hastigheder i blandet trafik. Udbredelsen er først og fremmest afhænge af, hvor mange steder det driftsøkonomiske potentiale kan realiseres og eventuelt omsættes til en mere højfrekvent service. Her kan det på lidt længere sigt spille en væsentlig rolle, at førerløsheden giver mulighed for at opretholde en høj frekvens også uden for spidsbelastningen, fordi busserne er der, og de marginale omkostninger er meget mindre uden chauffør.

- **I første omgang**, hvor hastigheden er lav, vil de førerløse minibusser primært kunne anvendes i niche-markeder.
- **På kortere sigt** er de førerløse minibusser mest relevante uden for centre af og omkring de større byer. Her kan de give en mere fintmasket fladedækning og som tilbringer til den eksisterende kollektive trafik. Det vil kunne styrke ikke mindst til- og frabringerdelen af kollektiv-rejserne, hvilket formentlig vil give flere passagerer.
- **På længere sigt** med højere hastighed og hvor teknologien har nået et stade, der muliggør ikke-rute-bunden kørsel, vil der også kunne være vigtige potentialer i efterspørgselsbestemt kørsel til og fra bopælen i landområder, dvs. noget der minder om en flextur. Det vil give et væsentligt løft i serviceniveauet og flere rejser for dem, der er afhængige af den kollektive trafik i disse områder.
- **På langt sigt**, når personbiler også kan køre førerløst, kan det overflødiggøre store dele af den kollektive trafiks offentlige service opgaver i mindre byer og på landet. Det gælder ikke mindst, hvis det lykkes at udvikle deleøkonomiske forretningsmo-

deller, der er brugbare i disse områder med lav befolkningstæthed. Grænserne mellem den individuelle og kollektive trafik bliver i så fald flydende.

Trafikomfang og trængsel

I det omfang omkostningsreduktionen ved førerløse minibusser leder til højere frekvens, vil det naturligvis skabe en tilsvarende forøgelse af trafikken. Men da forbedringspotentialet fortrinsvist vil være på lokale veje uden for de centrale byområder, vil det være i områder og på tidspunkter, hvor trængslen ikke er en væsentlig faktor.

Bedre service på til- og frabringerdelen til den højklassede kollektive trafik kan resultere i en mere sammenhængende kollektivrejse. Dette kan give en, nok beskeden, overflytning fra andre transportformer, herunder også bil i spidsbelastningen. Men effekten vil formentlig ikke have en stor effekt på trængslen.

Mobilitet for alle

Førerløse minibusser vil kunne give et bedre kollektivt mobilitetstilbud med hyppigere afgang for brugere i områder og på tidspunkter, hvor det kollektive trafiktilbud i dag er lavfrekvent på grund af et højt tilskudsbehov per rejse.

På ruter med lav belægning er der på ydertidspunkter ofte meget få passagerer i busserne. Her har føreren en tryghedsskabende effekt for nogle brugergrupper. Den vil forsvinde ved førerløshed og antallet af ture med få passagerer vil endda stige, hvis de fordeles på hyppigere afgang. Kameraovervågning og kommunikationsteknologi kan til en vis grad kompensere for effekten.

Påvirkning af omgivelserne

I det omfang de førerløse minibusser, som er eldrevne, erstatter dagens busser med forbrændingsmotor, vil det kunne give en lille støjreduktion og lidt mindre luftforurening. De mindre busser giver også en bedre oplevelse af byrummene, men denne effekt vil være størst i de centrale bydele. Begge disse effekter er dog ikke knyttet til automatiseringen og kunne også opnås med tilsvarende små elbusser med fører, som tidligere har kørt i Københavns centrum¹²⁶). Automatisering af busserne vil muligvis kunne reducere ulykkesrisikoen med bus, men den er i forvejen meget lav.

Chaufførlønnens store andel af bustimeprisen giver et potentiale for besparelser på busdriften. Det kan enten forbedre de kommunale finanser eller anvendes til forbedret service som beskrevet ovenfor. I det omfang det bidrager til bedre mobilitet på landet for dem, der ikke kan benytte bil, kan det gøre det nemmere for familier og ældre at bo på landet og derigennem dæmpe den langsigtede tendens til befolkningsforskydninger mod byerne.

INDSIGTER

Førerløse busser vil sandsynligvis kunne indføres før førerløse private biler af de samme grunde som for førerløse taxakoncepter. Derudover giver kørsel i fast rute mulighed for at tilpasse infrastrukturen og interaktionen med den øvrige trafik.

- Selvkørende busser i fast rute er teknologisk enklere end fuldt selvkørende biler og kan derfor komme før. Men reelt markedsgennembrud er betinget af, at de samlede omkostninger bliver lavere end for busser med chauffør.
- Forstadier til automatiserede busser i rutedrift ser vi allerede i dag i form af selvkørende minibusser, der i udlandet kører i demonstrationsprojekter. Der er tale om et tidligt udviklingsstadium, hvorfor driftsøkonomien i normal operationel drift endnu er uafklaret. Men den afgørende begrænsning er, at de endnu kun kan køre med meget lav hastighed og derfor indtil videre kun vil være brugbar til nichemarkeder for helt lokal transport i f.eks. lufthavne, hospitalet og campusmiljøer.
- Automatiseret busdrift har som for taxaer på sigt potentiale til store driftsøkonomiske gevinster gennem sparet chaufførløn. Det giver økonomisk mulighed for højere frekvens og/eller flere direkte ruter over en større del af døgnet til lave marginale omkostninger.
- Førerløse minibusser er allerede på markedet og kan benyttes til nicheopgaver. Men busserne kan endnu kun køre langsomt og er dyre i drift, så der er teknologisk et stykke vej til drift på almindelige busruter. Når teknologien er klar, er bussernes størrelse formentlig et underordnet problem. De store busproducenter udvikler og tester også automatisering af store busser
- De kollektive trafikanter har allerede i dag en række af fordelene ved førerløse busser, fordi de ikke selv skal sidde ved rattet. Men førerløse busser vil reducere drifts-omkostningerne markant, hvilket vil give et større økonomisk råderum, som man kan vælge at omsætte til bedre service.

6.7 Automatiserede BRT-løsninger

BRT er en højklasset busløsning, der ligesom en letbane overvejende kører i egen tracé. I forhold til letbaner er BRT-løsninger væsentligt billigere at anlægge og drive, men de har mindre passagerkapacitet og ikke samme komfortniveau for passagererne. På ruter, hvor kapacitetsforskellen ikke er en afgørende faktor, vil BRT-løsningerne ofte have en højere samfundsøkonomisk lønsomhed, selv om de ikke tiltrækker samme mængde passagerer som letbanen.

Førerløs kørsel vil kunne styrke BRT-løsninger i forhold til letbaner på to måder:

- For det første vejer chaufføromkostningen relativt tungere for BRT-løsningen, fordi passagerkapaciteten er mindre per BRT-bus end per letbanetogsæt, og fordi materiel m.v. er langt dyrere per passager for letbanen.¹²⁷⁾
- For det andet vil førerløs BRT-kørsel mindske forskellen i kørekomfort mellem letbanen og bussen, fordi den førerløse bus kan programmeres til jævne kørsel både i forhold til, acceleration, opbremsning og sideværts bevægelser pga. præcis styring. Det sidste giver også mulighed for et smallere tracé.

Hvornår?

Skridtet fra førerløs minibus til BRT-løsning i eget tracé er formentlig ikke stort, når man betragter udviklingen inden for førerstøttesystemer. Det gælder uanset om BRT-

løsningen skal håndtere krydsende trafik i signalregulerede kryds. Blandt andet Daimler forsker intensivt i automatiseret busdrift og har kørt testkørsler på en 20 km lang BRT-rute ved Amsterdams lufthavn¹²⁸⁾. Men der er endnu ikke officielle planer om markedsføring af førerløse busser til brug på offentlig vej. I Singapore har man i år igangsat et forsøgsprojekt med selvkørende niveau-4-busser, som efter planen skal køre på offentlig vej.

Sammenlignet med vurderingen af tidshorizonten for førerløse personbiler og førerløse minibusser, så burde overvågede BRT-løsninger i eget tracé med krydsende trafik i signalregulerede kryds, teknologisk set kunne introduceres inden for ca. 10 år. Dog med samme usikkerhed som for niveau-4-personbiler.

I de kommende års planlægning af nye højklassede kollektive løsninger bør muligheden for førerløse BRT-løsninger på denne baggrund ses som et ikke urealistisk og formentlig attraktivt alternativ til letbaner, der kører i eget tracé.

Efterspørgsel – beskeden overflytning fra bil

Både BRT og letbane er først og fremmest relevante i forhold til at sikre høj mobilitet i og omkring København og til dels de største byer ved at tilbyde effektive løsninger i trafiktunge korridorer. Her spiller den kollektive trafiks kapacitet og attraktivitet en vigtig rolle i reduktion af trængslen.

Hvis automatiseret kørsel bevirker, at BRT kan tilbyde en komfort, der kommer tæt på letbaner, vil man mere omkostningseffektivt kunne etablere højklasset kollektiv transport. Det bør i givet fald føre til overvejelser om at revidere det såkaldte stationsnærhedsprincip, som i dag ikke inkluderer BRT-løsninger. Dette skyldes, at princippets begrænsninger på byudviklingen kan være en barriere for at vælge BRT-løsninger, som erfaringsmæssigt i mange tilfælde vil være samfundsøkonomisk mere lønsomme end en letbane. Det kunne være med et differentieret begreb for BRT, letbane og tog/metro¹²⁹⁾.

Valget mellem førerløs BRT og letbane fører ikke til væsentlige forskelle i tiltrækningen af passagerer. I modelberegninger for Ring 3 gav BRT ca. 14% færre passagerer i forhold til letbanen, og som argumenteret, vil forskellen være mindre med førerløs BRT¹³⁰⁾.

Endvidere indikerer modelberegninger af en generel udvidelse af letbane- og BRT-nettet i Hovedstadsområdet, at ca. 85% af passagererne kommer fra den eksisterende kollektive trafik og af de resterende udgør bilførere ca. en tredjedel. De øvrige er overflyttede bilpassagerer, cyklister og gående samt nye rejser¹³¹⁾.

Trafikomfang og trængsel

Førerløs BRT vil ikke i sig selv give væsentlige nye muligheder for at reducere trængslen på vejnettet. De trafikale effekter er først og fremmest knyttet til, at flere højklassede projekter i den kollektive trafik kan blive få en bedre samfundsøkonomisk lønsomhed og færre driftsomkostninger, som gør dem lettere at finansiere. Samlet set giver det økonomisk bedre mulighed for at styrke f.eks. basisnettet i hovedstadsområdets kollektive trafiksystem.

Førerløse biler kan på længere sigt overflødig gøre store dele af den kollektive trafiks offentlige serviceforpligtelser i mindre byer og tyndtbefolkede områder. Dette perspektiv vil dog ikke påvirke behovet for BRT og andre højklassede løsninger, hvis væsentligste rolle er at levere mobilitetsløsninger med høj kapacitet i de største byer, hvor

trængsel ellers vil belaste den samlede mobilitet. Førerløse biler forventes som nævnt at lede til øget trafik, ikke mindst i byerne, som kan øge behovet for yderligere kapacitetsbidrag i den kollektive trafik.

Sammenholdt med de generelle forventninger til trafikvækst, som er beskrevet i kapitel 3, bør muligheden for en senere opgradering af BRT-løsningen til letbane tænkes ind i planlægningen fra starten.

Mobilitet for alle

Hvis man politisk vælger at udnytte den bedre samfundsøkonomi og driftsøkonomi ved førerløse BRT-løsninger til at realisere højklassede løsninger i den kollektive trafik, vil det give forbedret service for eksisterende brugere i de områder, hvor højklassede kollektiv-løsninger er relevante, dvs. i områder hvor serviceniveauet i forvejen er i den høje ende.

Påvirkning af omgivelserne

Førerløshed vil i store træk ikke påvirke BRT-løsningers effekter på omgivelserne. Dette gælder også i forhold til trafiksikkerheden, fordi den i forvejen er høj. Barriereeffekten kan dog være større, hvis automatiseret drift nødvendiggør hel eller delvis afskærmning af tracéen.

En hyppig indvending mod letbaner i tætbefolkede bydele og smalle korridorer er deres betragtelige indgriben i byrummene. I sammenligning hermed vil førerløse busser i BRT-koncepter med deres fordel fordi de er mindre. Det gælder specielt, hvis de er eldrevne og dermed ikke leder til mere støj eller luftforurening.

INDSIGTER

- Selvkørende BRT kombineret med batteridrift vil kunne give en mere jævn kørsel og dermed højere komfort, som nærmer sig letbaner. De sparede lønomkostninger ved fuld førerløs kørsel vil relativt set være en større fordel for BRT end for letbaner.
- Automatisering vil styrke BRT (Bus Rapid Transit) som alternativ til letbane i forhold til beslutninger om fremtidige højklassede kollektiv transportløsninger i de største byer og deres ringbyer. Selvkørende BRT kombineret med batteridrift vil kunne give højere komfort gennem mere harmonisk kørsel, så fordelene ved højklassede BRT løsninger nærmer sig letbaner. De sparede lønomkostninger ved fuld førerløs kørsel vil relativt set også være større end for letbaner.

6.8 Fremtidens togdrift

Jernbanens fordele er i forhold til andre transportformer karakteriseret ved stor passagerkapacitet på et lille areal og forholdsvis høj rejsehastighed mellem stationerne. Det giver især fordele for persontransport i tæt befolkede områder og for person- og gods-transport over længere afstande.

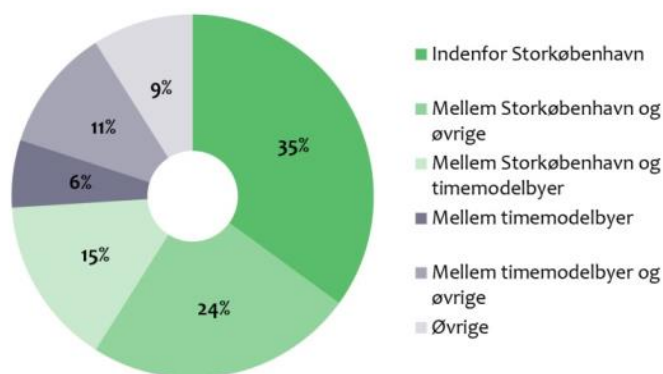
Jernbanens styrkepositioner er derfor primært transport af personer til og i tæt trafikerede byområder (især Københavnsområdet), transport af personer mellem bycentre over mellemlange og lange nationale afstande samt transport af store mængder gods over lange afstande.

Samlet set udgør jernbanens nuværende persontransportarbejde kun ca. 10% af vejtransportens. Men langt størstedelen af transporten på bane vedrører de bysamfund og de nationale vejkorridorer, hvor der er mest trængsel i dag såvel som i fremtiden. Ca. tre fjerdedele foregår i eller til og fra Storkøbenhavn, mens kun ca. 10% både starter og slutter i de mindre byer og på landet. Den vækst, der i de kommende år forventes som følge af de igangværende investeringer i jernbaneinfrastrukturen, at ville følge denne fordeling, som også forstærkes af den overordnede urbaniseringstrend.

Jernbanen burde som udgangspunkt være simplere at automatisere end vejtrafikken, fordi togdriften:

- foregår i eget tracé
- er retningsstyret af sporene
- er underlagt central overvågning og signalstyring i overensstemmelse med høje sikkerhedskrav
- opereres af en professionel organisation i modsætning til individuelle private brugere.

Figur 6.5 Persontransportarbejde på banen fordelt efter geografier



Kilde: Banedanmark

Endvidere er vejtrafikken kompliceret af langt flere og meget forskellige kørende enheder og interaktion med bløde trafikanter.

Herunder gennemgås to forskellige aspekter af automatisering:

- Muligheden for førerløs teknologi i den danske togdrift, opdelt på S-tog og øvrig togdrift.
- Konsekvenserne af selvkørende og førerløse biler for fremtidens togdrift.

Teknologien bag førerløse tog er allerede gennemprøvet og blandt andet i drift i Metroen i København. Automatiseret togdrift gør det økonomisk attraktivt at køre med højere frekvens med mindre togstammer og over hele døgnet. Det kan ske med samme mængde materiel uden markant forøgelse omkostningerne, fordi man ikke har omkostninger til en lokofører i togene.

Samtidig viser erfaringerne med overgang til førerløs drift, at man også kan opnå markant mere punktlig drift og færre aflysninger¹³²). Dette er i tråd med, at metroen i København har langt større rettidighed end S-toget, omend den også er meget nyere.

Automatiseret S-togdrift

De nuværende S-togs tekniske levetid udløber mellem 2026 og 2036. Det er nærliggende at undersøge potentialet for at overgå til automatiseret drift i forbindelse med indkøb af nye S-tog. Dette skyldes, at signalprogrammet på det tidspunkt ifølge planen forventes at være fuld operationelt, hvilket i øvrigt vil være en betingelse for automatisering af S-togene.

En nylig rapport¹³³⁾ vurderer, at man med en politisk beslutning inden for de næste par år og en testperiode på Ringbanen 2022-2026 ville kunne gennemføre en fuld udrulning på hele S-togsnettet i årene 2025-2030 i forbindelse med indkøb af nye automatiserede S-tog. Rapporten vurderer også, at de tekniske risici er begrænsede, fordi det nye signalsystem kan opgraderes til formålet, og det rullende materiel er tilgængeligt på markedet.

Uanset må det vurderes, at der er en ikke ubetydelig risiko samlet set forbundet med opgradering af et eksisterende S-togs system til automatiseret drift. Dette ikke mindst i lyset af de aktuelle problemer med implementering af signalprogrammet.

De yderligere investeringsomkostninger på ca. 1 mia. kr. med dagens driftsoplæg vil kunne finansieres af sparede årlige driftsindtægter, og S-tognettets kapacitet vil være højere end i dag. Hvis lokoføreromkostningerne elimineres, vil forøgelsen af driftsomkostningerne ved en mere højfrekvent drift imidlertid være beskedne sammenlignet med i dag.

En analyse når frem til, at investeringsomkostningerne til materiel mv. vil forøges med yderligere ca. 1 mia. kr., hvis man vælger at indføre S-tog med højfrekvent metro-lignende drift. De øgede investeringsomkostninger vil kunne finansieres af de sparede føreromkostninger. Det udvidede serviceniveau vil kræve ca. 24% flere togkilometer, men merudgifterne hertil forventes at kunne finansieres af indtægtsforøgelsen fra 11% flere passagerer som følge af de betydelige brugerfordele. Samlet set når rapporten derfor frem til, at automatiseret drift med hyppigere afgang vil give et højt samfundsøkonomisk afkast.

De flere passagerer vil ligesom for BRT- og letbane-forbedringer overvejende komme fra den øvrige kollektive trafik og i anden omgang fra bil, cykel og gang. Men uanset vil overflytningen til S-tog uden at optage yderligere arealer aflaste kapaciteten på gadeniveau.

Automatiseret regional- og fjerntog

Umiddelbart er der ikke noget der taler for, at man ikke burde kunne opnå kvalitativt de samme gevinster ved automatisering af den øvrige togdrift. Det nye signalsystem giver ikke i første omgang mulighed for fuldautomatisk drift, men det øger banens kapacitet og pålidelighed.

Selv om det principielt burde være enklere at automatisere togtrafikken i forhold til vejtrafikken er der også forhold, der gør, at det er vanskeligere. Historisk må man konstatere, at jernbanesektoren har været langt mindre innovativ end vejsektoren. Formentlig har organisatoriske og konkurrencemæssige forhold haft betydning, men et meget tungt godkendelsessystem med omfattende sikkerhedsdokumentation er også en barriere. Samtidig skal teknologien ikke blot godkendes for det enkelte tog, men det skal også passe til det nationale jernbanesystem. Endelig skal banen leve op til de euro-

pæiske krav om standarder for at kunne køre internationalt. Dette gør det vanskeligt at etablere forsøgsstrækninger i operationel drift.

Det er således væsentligt lettere at implementere førerløs teknologi, når det kan baseres på afgrænsede og standardiserede driftskoncepter som Metroen eller S-tog. I dag er teknologien da heller ikke internationalt udviklet til fjerntogsdrift. Formentlig fordi det vil være langt mere investeringstungt, og fordi fordelene vil være mindre end for bybaner. Endvidere udgør føreromkostningerne kun ca. 25% af togenes driftsomkostninger, hvilket er væsentligt mindre end for vejtransporten.

Forsøg med halvautomatisk togdrift

Der findes i dag allerede flere udenlandske forsøg, hvor halvautomatisk togdrift er implementeret sammen med ERTMS efter samme principper, som anvendes ved CBTC. Thameslink i London er det seneste eksempel. Disse forsøg bygger imidlertid ikke på standardiserede fælleseuropæiske løsninger.

Af hensyn til driften over landegrænserne til Sverige og Tyskland med danske tog udrustet til halvautomatisk drift må en dansk løsning baseres på en fælles europæisk standard. På nuværende tidspunkt vurderer Banedanmark, at der kun vil skulle foretages begrænsede tilpasninger af det danske signalsystem. Mange af de tekniske elementer til etableringen af halvautomatisk drift på fjernbanen vurderes således at være til stede – og bliver udviklet med yderligere robusthed i de kommende år.

At gå over til halvautomatisk drift kræver derudover, at det rullende materiel er udrustet til det. Dette skal dog ses i forhold til, at omlægningen til halv- eller fuldautomatisk drift må ske i et perspektiv, hvor DSB's kommende togindkøb er gennemført.

Endelig er overgang til førerløs teknologi økonomisk formentlig kun realistisk i et tidsvindue i forbindelse med anskaffelse af nyt togmateriel. For S-togene kan man derfor udnytte, at teknologien eksisterer, jf. ovenfor. Med hensyn til fjerntogsmateriel står DSB over for at anskaffe nyt materiel, som forventes indfaset fra 2025, og som forventeligt kører indtil 2050-2060¹³⁴⁾. I midten af 2030'erne skal der udskiftes ca. 113 dobbelt-dækkervogne, hvilket kan åbne for nye muligheder ift. automatiseringen.

INDSIGTER

- Automatisering af S-togene i forbindelse med den forestående udskiftning af togmateriellet kan give en klar forøgelse af driftsstabiliteten samt give mulighed for højere frekvens og bedre materieludnyttelse.
- Automatisering af de tættest trafikerede dele af det øvrige jernbanenet burde potentielt på lang sigt kunne give samme trafikale og driftsøkonomiske fordele som den automatiserede S-bane. Fuld automatisering er dog på forskningsstadiet. Derfor bør man afvente udrulningen af signalprogrammet på fjernbanen samt erfaringer med S-banen, før yderligere automatisering af jernbanen besluttet.

6.9 Fly

Store fly har gennem flere årtier haft et automatiseringsniveau, der bedst kan sammenlignes med bilernes niveau 4. Moderne fly er grundlæggende set styret af en computer, som piloterne interagerer med. Flyfabrikkerne udvikler løbende teknologien, så den bli-

ver stadig mindre afhængig af piloternes indgriben. Flyene er i dag teknisk selv i stand til at lægge den optimale rute, starte, cruise og lande på basis af oplysninger om flyvningens destination.

Hvornår?

En rapport fra UBS i Schweiz vurderer, at teknologi til fjernkontrollerede fly kan blive introduceret i 2025, men at en eventuel implementering som førerløse i rute-fly ligger et stykke på den anden side af 2030¹³⁵⁾. Hvorvidt, store rute-fly bliver på et tidspunkt bliver førerløse, er derfor formentlig et spørgsmål om:

- om myndighederne vil tillade det
- passagererne vil føle sig trygge
- de økonomiske perspektiver.

Efterspørgslen

Pilotomkostningerne kan løseligt anslås til ca. 10% af de samlede omkostninger til en flyvning. På globalt plan vurderer UBS-rapporten, at det kan spare branchen for af størrelsesordenen 35 mia. dollars om året. Selv hvis denne besparelse vil blive afspejlet fuld ud i billetprisen, og selv hvis automatiseringen kunne gennemføres uden meromkostninger, så vurderes det, at det ikke vil kunne hamle op med de seneste 10-15 års prisfald på flybilletter. Et prisfald som blandt andet skyldes øget konkurrence indenfor luftfarten. Førerløse rute-fly kan derfor ikke forventes at ændre radikalt på efterspørgslen eller på fordelingen på transportformer.

Persondroner

Flydroner til persontransport er teknisk muligt i dag, og overvejes i storbyer som Dubai mellem bymidter og lufthavne. De kan have form af taxi-lignende mindre droner, der kan give hurtig fremkommelighed i byer med trængsel. I Danmark vil det formentlig primært kunne få et marked i hovedstadsområdet. De kan dog også benyttes til sygetransport o.l. i forhold til øer og udkantsområder. Såfremt de på sigt tillades, vil persondroner kunne benyttes som taxify og billiggøre flydrift i det hele taget.

En reel udbredelse vil kræve ændret regulering, og rejse samme typer dilemmaer som droner til pakke-transport. Derudover er der sikkerhedsudfordringer i forhold til passagerer.

6.10 Færger

Der kan være et stort potentiale i at udvikle autonome skibe. Sammenholdt med EU's mål om at flytte mere gods fra vej til bane og sø, kan dette lette presset fra særligt gennemkørende godstransport på de danske veje. Det vil dog kræve nærmere analyse at vurdere omfanget af dette.

Hvornår?

Inden for søfarten benyttes der på større skibe autopiloter, som løbende overvåges på samme måde som i luftfarten. Der forskes også i mulighederne for at overgå til automatisering på skibe. Førerløse færger er i dag ikke i drift, og der så vidt vides ikke konkrete planer om det.

Efterspørgsel – begrænset effekt

Gevinsten ved automatisering af færger vil som for andre transportformer med professionel fører først og fremmest bestå i sparede bemandingsomkostninger. Hvis disse besparelser giver anledning til en væsentlig sænkning af de marginale omkostninger, kan det give anledning til indførelse af flere afgang med det samme antal færger uden væsentlige meromkostninger.

Ligesom for fly og i modsætning til busser består bemanningen af flere personer end skibsføreren, hvilket primært er begrundet i sikkerhedsforanstaltninger, herunder operationer i havn og ved ombordkørsel m.v. Dertil kommer, at energiomkostningerne til færgens fremdrift er relativt større per driftstime i forhold til skibsførerens timeløn. Samlet set betyder det, at det relative besparelspotentiale ved at spare skibsføreren givetvis er mindre, hvilket vil begrænse udbredelsen.

Grundet færgedriftens meget begrænsede andel af det samlede transportarbejde vil en eventuel automatisering kun i ubetydelig grad påvirke den samlede transportefterspørgsel og trafikken på vejnettet.

Mobilitet for alle

I Danmark er der i dag godt 30 færgeruter som eneste adgang til små øer med en samlet befolkning på knap 20.000 indbyggere (knap 30.000 i 1965), hvoraf Ærø, Samsø, Fanø og Læsø udgør tre fjerdedele. Driften er kraftigt subsidieret, især på de mindst befolkede øer ud fra en betragtning om en offentlig serviceforpligtelse. Overfarterne foregår nogle steder i pendulfart med en frekvens, der typisk er bestemt af overfartstiden og antallet af færger, typisk én eller to. Muligheden for en bedre service på disse ruter ligger derved primært i at udvide den del af døgnet, hvor færgen sejler. På de øvrige ruter vil pendulfart formentlig kunne opleves som forbedret mobilitet.

På længere sigt er det muligt at forestille sig fuldt automatiske færger helt uden personale ombord, men eventuelt overvåget af et centralt center. I så fald kan man på de mindre øer med meget begrænset efterspørgsel forestille sig, at driften uden for morgen- og eftermiddagstimerne kunne foregå ud fra den konkrete efterspørgsel fra brugerne. Det ville kunne give en betydelig driftsbesparelse til både energi og bemanning, samtidig med at man sikrede maksimal service for øernes befolkning.





7 Mobilitet for fremtiden

Dette afsluttende kapitel opridser en fremtid, hvor den igangværende udvikling i retning af automatisering af transportmidlerne allerede er slået igennem på tværs af transportformerne, og hvor nye forretningsmodeller er modnet og har udviklet sig sådan, at de i høj grad formår at udnytte potentialerne inden for digitalisering og automatisering. Efter alt at dømme vil der være tale om en omfattende transformation, der fører til store forandringer i forhold til dag. Men konsekvenserne for borgerne afhænger i høj grad af, hvor de bor og arbejder. Bystørrelse og befolkningstæthed påvirker f.eks. trængslen, den kollektive trafiks rolle og trafikken indflydelse på bymiljøet. Også automatiseringens betydning for trafiksikkerheden afhænger af køretøjernes hastighed og trafikken kompleksitet og dermed også geografien. Det samlede fremtidsbillede beskrives derfor opdelt på fire geografiske transportmarkeder:

- **Mellem byerne**

Næsten alle Danmarks ca. 45 byer med mere end 15.000 indbyggere er forbundet med motorvejsnettet, som benyttes til en stor del af de lange rejser med bil. Uden for byerne er høje belastningsgrader og trængsel i dag fortrinsvist knyttet til motorvejsstrækningerne mellem de større byer ('det store H') og på indfaldsvejene til København. Toget har sin primære styrke i forhold til bilen på disse strækninger, særligt mellem det østjyske bybånd, Odense og København.

- **De fire største byer**

De største byer er kendetegnet ved høj befolkningstæthed. Kollektiv transport, cykel og gang er vigtige dele af transportsystemet, og trængslen er et væsentligt problem. Pladsen er knap, så arealer til parkering er en særlig udfordring, og skinnébåren trafik med høj kapacitet bidrager til effektiv pladsudnyttelse. Samspillet mellem by- og trafikplanlægning har stor betydning for bykvaliteten. Trafikkens konsekvenser afhænger på afgørende vis af balancen mellem transportformerne. Disse 'storby'-udfordringer karakteriserer i særlig grad København og aftager med bystørrelsen.

- **Ringbyer**

Ringbyer omfatter byområder omkring de fire største byer, hvor pladsen er mindre knap, men som aktivitetsmæssigt er tæt bundet op på byen. Det gælder ikke mindst pendlingstrafikken, som i morgen- og eftermiddagstimerne giver store trængselsproblemer på indfalds- og ringveje samt i nogle lokale bycentre. Højklasset kollektiv transport i de trafiktunge korridorer har en vigtig funktion i forhold til at aflaste vejnettet. Da afstanden mellem stationerne er større, og rejsemønstrene er mere spredte, er effektiv tilbringertrafik og stationsnær byudvikling afgørende udfordringer.

- **Øvrige byer og landområder**

Størstedelen af befolkningen bor uden for de største byer og ringbyerne. Det er også her størstedelen af den daglige transport foregår. Rollefordelingen mellem transportformerne er betinget af, at privatbilen står for langt den overvejende del af transportarbejdet. Alligevel er der kun få steder med kritiske kapacitetsproblemer uden for motorvejsnettet mellem de største byer.

Udviklingen i trafikken mellem 2015 og 2030 fremgår af tabel 7.1. Fremskrivningerne er foretaget uden hensyntagen til effekten fra automatisering og nye forretningsmodeller.

Bogstaverne i tabellen henviser til de syv transportmarkeder, som er gennemgået i afsnit 3.7. Det betyder f.eks., at trafik i ringbyer er en sammenlægning af trafik i forstæder til de fire største byer (B) og trafik mellem centrum for forstæder (C). I forhold til udvikling i trafikarbejde, trængsel, kollektiv trafik og vejgodstrafik forventes følgende procentvise udvikling i de fire områder frem til 2030:

Tabel 7.1 Udvikling i trafikken i de fire områder

	Ændring 2015 - 2030				Andel af samlet	
	Trafikarbejde, personbil	Trængsel tid i alt, personbil	Kollektiv trafik	Vejgodstrafik	Trafikarbejde	Trængsel tid i alt
Mellem byerne (F+G)	19%	38%	19%	12%	64%	38%
De fire største byer (A)	47%	149%	46%	25%	2%	8%
Ringbyer (B+C)	20%	79%	11%	13%	16%	42%
Øvrige byer og landområder (D+E)	1%	8%	-22%	2%	19%	12%

Kilde: Fremskrivning med Landstrafikmodellen, vers. 2.0.

Der gives en nærmere karakteristik af trafikudviklingen i de fire områder i afsnit 7.1 – 7.4, sammenholdt med en samlet vurdering af konsekvenserne af digitalisering, automatisering og nye forretningsmodeller i de pågældende geografier. I afsnit 7.5 gennemgås konsekvenserne for gods og distribution i hele landet. Afsnit 7.6 opridser en række indsigter om fremtidens mobilitet gennem en analyse på tværs af transportformer og geografier. I det afsluttende afsnit 7.7 beskrives, hvordan der bør tages hensyn til den forventede udvikling i de beslutningsgrundlag, som anvendes i forbindelse med de transportpolitiske beslutninger.

7.1 Mellem byerne

Vejtrafikken på det overordnede vejnet mellem byerne forventes at stige med knap 20% fra 2015 til 2030. Det indebærer også, at større dele af motorvejsnettet vil være belastet af trængsel. Det vil dog fortsat primært være mellem og omkring de største byer. Tiden i trængsel forventes at stige med knap 40% for bilisterne. Den kollektive trafik mellem byerne forventes at vokse lige så meget som biltrafikken, hvilket blandt andet hænger sammen med serviceforbedringerne i forbindelse med åbningen af København-Ringsted og Togfondens fase 1.

Private biler

Selvstyrende egenskaber i private biler vil i første omgang blive muligt på motorvejsnettet. De giver gevinster for bilførere, som kan udnytte rejsetiden til andre formål. Fordele vil overflytte trafik til bil og generere flere ture og dermed øget trafik og trængsel på motorvejsnettet. Det vil tiltrække trafik fra alternative ruter og transportmidler, hvilket i sig selv vil skabe øget trængsel på motorvejene. Dermed vil trafikanter, der ikke kører i selvstyrende biler eller kan drage fordel af de selvstyrende egenskaber, opleve en samlet ulempe i perioder, hvor trængslen øges og rejsehastigheden dermed nedsættes.

Førerløs kørsel mellem byerne vil forstærke de ovennævnte effekter af selvstyrende egenskaber, men vil frem for alt give mere biltrafik ved at muligheden for at benytte bil udbredes til personer uden kørekort. Hvis bilerne indrettes til, at man kan sove eller arbejde undervejs, vil det muligvis kunne give en vis udjævning af trafikken over døgnet og dermed dæmpe spidsbelastningen. Tom repositionering af private biler over længere afstande vil næppe blive særligt almindeligt på grund af omkostningerne forbundet med brændstof og slid på bilen.

En automatiseret bil vil kunne styre mere præcist og reagere hurtigere og mere sikkert end en menneskelig fører. Det kan på forskellig vis åbne for større kapacitet i det overordnede vejnet. Den største effekt kommer af, at vognbanerne kan gøres smallere. Derved kan man jf. afsnit 6.3, hvor det er fysisk muligt, tilføje et ekstra spor i det eksisterende vejprofil uden en bekostelig udvidelse af den fysiske infrastruktur.

Førerløse biler kan indebære en radikal ændring af mobilitetsmulighederne. Det kan potentielt ændre den måde vi indretter vores hverdag på, herunder såvel aktivitetsmønstre og hvor vi vælger at bo og arbejde. Derfor er det også meget vanskeligt at forudse de trafikale konsekvenser endsige kvantificere effekten på trafikvæksten. I forlængelse heraf er det vanskeligt at kvantificere, i hvilket omfang perspektiverne for øget kapacitet i motorvejsnettet kan kompensere for den markante stigning i efterspørgslen, som automatisering under alle omstændigheder ventes at medføre.

Kollektiv transport

Automatiseringen af togene er teoretisk set teknisk enklere end vejtrafikken, men de systemmæssige komplikationer er imidlertid så store, at der ikke er udsigt til, at dette vil ske i en overskuelig fremtid. Endvidere ville de driftsøkonomiske fordele relativt set være mindre end for busserne, fordi lokoførerlønningen udgør en mindre andel af driftsomkostningerne end chaufførlønningen for busser. For passagererne kan automatisering give regularitetsfordele.

I dag er en af togets væsentligste fordele, at komforten er høj, så man som passager i høj grad har mulighed kan udnytte rejsetiden. Selvstyrende og førerløse biler udfordrer denne fordel og DSB's motto om, at "i toget er tiden din egen", fordi komfort og muligheden for at udnytte tiden formentligt kan matche toget. Samtidig er toget allerede i dag prismæssigt udfordret i øst-vest trafikken af fjernbusser, som vil kunne tilbyde endnu lavere priser og mange daglige afgang, hvis busserne også kan køre uden chauffør i fremtiden.

På lange ture mellem de større byer bliver høj hastighed derfor afgørende for at vælge toget. Selv hvis toget er væsentligt hurtigere fra centrum til centrum (fra station til station), kan en selvkørende bil være at foretrække, fordi den tilbyder transport fra dør til dør uden skift. Indkomststigning samt øget udbredelse af delbils- og samkørselskoncepter vil endvidere give flere adgang til at vælge bil på disse ture, og ultimativt vil alle have muligheden med førerløse biler.

Omvendt vil den forventede generelle trafikvækst og stigende trængsel, som forstærkes af bilernes automatisering, øge behovet for kollektive løsninger med høj kapacitet. Det gælder først og fremmest i spidsbelastningsperioderne i og omkring hovedstaden og til dels de større byer og i øst-vest trafikken mellem disse. I forhold til begge disse markeder har toget den klare fordel, at det har en høj kapacitet med et lille arealforbrug, som ikke belaster vejnettet.

I et pessimistisk scenarie for fremkommeligheden på vejene kan konkurrencedygtige hastigheder for toget i fremtiden være et resultat af trængsel på store dele af motorvejsnettet. Samfundsøkonomisk rentable investeringer vil dog på mange strækninger med trængsel kunne medvirke til at tilpasse vejnettets kapacitet. I et mere optimistisk scenarie for fremkommeligheden på vejene vil togene kunne fokusere på hurtige forbindelser mellem de større byer ved færre stop i mindre byer.

Førerløse delekoncepter

På de lange ture mellem de større byer har de afstandsafhængige kørselsomkostninger væsentlig betydning for valget af transportform. På disse ture har kollektiv transport og delte løsninger en fordel. Uden chaufføromkostningen vil der være store fordele for passagererne ved at erstatte dagens fjernbusser med mindre busser med højere frekvens og eventuelt taxabusser i dynamisk passagertilpassede ruter eller direkte behovsstyret transport.

For byboere, der fravælger privatbilen, vil individuel dør-til-dør kørsel mellem byerne snarere ske med delebiler end førerløse taxaer, men grænsen mellem dem vil være flydende. Dele bilen reserveres for en periode til den samlede rejse frem og tilbage, eventuelt som del af et MaaS-abonnement. Incitamenterne til privat samkørsel påvirkes ikke væsentligt af automatiseringen, men de digitale platforme, som styrer koordineringen mellem bilister og samkørende passagerer vil kunne understøttes ved integrering i MaaS sammen med kollektiv transport og delebilskoncepter, og hvis sådanne løsninger opnår kritisk masse, vil de forekomme mere attraktive for brugerne.

INDSIGTER

- Biler med selvkørende egenskaber vil forstærke tendensen til større trafikvækst på motorvejene. De vil tiltrække en større del af trafikken med private biler, selv om turene bliver længere, og flere vil vælge bilen frem for tog eller bus.
- Flere vil benytte bilen frem for kollektiv transport, når de har bedre mulighed for at udnytte tiden undervejs. Det har formentlig størst værdi på lange ture og på det overordnede vejnet, hvor komforten er størst. Her forventes selvstyrende egenskaberne også at være til rådighed først
- Fjerntogenes styrkeposition vil i fremtiden i endnu højere grad være at tilbyde høj hastighed mellem store befolkningskoncentrationer, hvilket vil sige mellem de større byer på hovedbanenettet. Dette kan have betydning for valg af togmateriel og køreplansstrategier, herunder prioritering i forhold til regionaltog og godstog.
- På lang sigt vil førerløse fjernbusser kunne reducere omkostningerne til længere busture markant i forhold til de i forvejen relativt lave priser på kommercielt drevne ruter. Det vil kunne mindske togets relevans på strækninger med beskedent passagergrundlag, hvor omkostningerne per passagerkilometer er høje.
- På disse strækninger vil lønsomheden af elektrificering derfor svækkes af automatisering og nye forretningskoncepter. Investeringerne har en lang tilbagebetalingshorisont, som strækker sig ind i en fremtid med selvkørende biler. Batteridrift er nu teknisk muligt, og inden for få år forventes eksisterende dieselelektriske togsæt at kunne ombygges til delvis batteridrift. Batteridrevne tog kan på 5-10 års sigt vise sig som et økonomisk mere fordelagtigt alternativ for regional- og sidebaner.

7.2 De fire største byer

Vækst i befolkning og indkomst samt urbanisering forventes at ville øge transportefterspørgslen markant i København og centrum af de større byer. Trafikarbejdet med bil stiger med ca. 50%, hvilket medfører en endnu større vækst i trængslen på omtrent 150% fra 2015 til 2030. Den kollektive trafik vokser lige så meget som biltrafikken. Her spiller den øgede trængsel også ind sammen med serviceforbedringen som følge af metrocityringen.

Private biler

I byerne vil *selvstyrende private bilers* fordele for trafikanterne først komme på længere sigt end på motorvejsnettet, og det vil formentlig kun give anledning til mindre trafikstigninger i byerne. Hvis *førerløs privat bilkørsel* dør-til-dør bliver en realitet, vil det derimod formentlig betyde en markant stigning i trafikken både internt og til og fra byerne. Personer uden kørekort vil således blive en ny brugergruppe. Ligeledes kan det forventes, at tomkørsel til repositionering og fjernparkering vil være en ny type trafik. Navnlig kan tomkørsel forstærke trængslen til uholdbare niveauer, fordi tomkørslen i modsætning til trafik med personer kun i begrænset grad bliver dæmpet af nedsat fremkommelighed. Øget automatisering af bilerne forventes generelt at få positive effekter på trafiksikkerheden.

Kollektiv transport

I den kollektive transport vil automatisering give omkostningsbesparelser på driften. I Danmark udgør chaufførlønnen udgør ca. to tredjedele af omkostningerne til busdrift. Det indebærer, at det kollektive bustilbud kunne drives uden tilskud, hvis chaufførlønnen kunne spares fuldt ud, og automatiseringen ikke indebærer forøgelse af andre omkostninger¹³⁶). Det kan også besluttes, at besparelserne omsættes til højere frekvens med beskedne marginalomkostninger. På mellemlang sigt er førerløse S-tog samt BRT i overvejende eget tracé realistiske og formentlig økonomisk attraktive løsninger. På længere sigt gælder det også bybusser, som kan tænkes som førerløse med samme teknologi som de førerløse delekoncepter. Grænsen mellem konventionelle rutebundne busser og taxabusser med et net af stoppesteder bliver flydende.

Førerløse delekoncepter

Som beskrevet i kapitel 6 forventes det af mange, at udbredelsen af førerløse teknologi vil være forbundet med udnyttelsen af de nye deleøkonomiske forretningskoncepter. Nye førerløse taxakoncepter, der er mere fleksible og individualiserede end kollektiv trafik, men langt billigere end dagens taxaer, spås et stort markedspotentiale. Centrum af de store byer er det mest oplagte marked for disse koncepter. Det beror på, at det er i byerne, at det kollektive transporttilbud og mulighed for at cykle til mange formål er tilstrækkeligt til at give mindre behov for bilejerskab. Det er ligeledes i de store byer, at pladsen til parkering er et problem.

Den afgørende forskel i forhold til dagens beskedne markedsandel for taxaer er lønnen til chaufføren. Den udgør op mod 75% af omkostningerne, hvilket gør taxakørsel langt dyrere for forbrugeren, end de andre transportformer. Når de nye forretningskoncepter kan tilbyde førerløs taxakørsel til markant lavere priser end dagens taxaer, vil det give anledning til mere biltrafik i byerne. Mange af disse ture vil komme fra kollektiv transport samt cykel og gang. I det omfang de nye muligheder får færre til have privat bil, vil det kunne reducere behovet for parkeringspladser markant, hvilket samtidig åbner for nye muligheder at indrette byen på.

Transportformernes omkostninger påvirkes forskelligt

Balancen i bytrafikken mellem førerløse privatbiler, taxaer og deletaxaer, og kollektiv transport er meget vanskeligt at forudsige. For det første, fordi der er tale om nye koncepter, hvor grænserne som beskrevet tidligere bliver flydende. For det andet, og måske især, fordi det i høj grad vil afhænge af den fremtidige omkostningsstruktur. Selv hvis man kun ser på nye analyser¹³⁷⁾, er der meget forskellige vurderinger af omkostningerne til selve den førerløse teknologi, og hvor meget sparet chaufførløn og de digitale platforme kan nedbringe priserne for førerløse taxakørsel. Prisen for at anvende de nye koncepter vil også afhænge af fremtidige beskatningsforhold og regulering.

Et detaljeret omkostningsstudie¹³⁸⁾ for en ren førerløs fremtid har sammenlignet private biler, taxaer og deletaxaer samt rutebusser. Under en antagelse om, at førerløs teknologi indebærer en meromkostning på 20%, når artiklen frem til en klar konklusion om, at teknologiomkostningerne ikke betyder ret meget for førerløse taxaer. Det beror på, at de samlede afskrivninger på bilen kun udgør 18% af omkostningerne per passagerkilometer. Nogle analytikere fremhæver også, at de ikke ubetydelige rengørings- og reparationsomkostninger der følger med førerløse deleløsninger ofte overses. Omvendt er der også skalafordele for store flådeejere¹³⁹⁾. På grund af den høje udnyttelsesgrad opgøres de samlede omkostninger per passagerkilometer til 20% lavere end gennemsnitsomkostningen for private biler.

De konkrete tal afhænger naturligvis af en lang række forudsætninger, herunder årskørsel og belægningsgrad. Men den centrale konklusion er, at taxaer og deletaxaer med førerløshed kommer ned på omkostninger af samme størrelsesorden som private biler, hvis antagelserne rammer blot nogenlunde rigtigt. I så fald bliver det en reel mulighed for mange familier med et begrænset kørselsbehovet at basere sig på førerløse taxakoncepter i stedet for privat bil. Dette alternativ vil blive yderligere fremmet, hvis de nye koncepter samtidig integreres med kollektive transport i MaaS-løsninger.

Det er endnu uklart, om folk i almindelighed vil vælge deletaxier eller vil betale for den luksus at køre alene. Den generelle velstandsstigning i perioden frem til, at førerløse delekoncepter bliver tilgængelige, peger i retning af taxaer, som ikke deles med andre. Det samme spørgsmål gør sig gældende i forhold til at vælge den kollektive transport.

Hvis prisen på førerløse taxaer bliver lav kan det også betyde, at folk fravælger den kollektive trafik. Men Metro, S-tog og BRT i eget tracé vil have en fordel i høje rejseha-stigheder mellem stationsnære lokaliteter, særligt i spidstimerne, hvor fremkommeligheden på vejnettet er lav på grund af trængsel.

Almindelige buslinjer kan derimod blive udfordret til trods for, at omkostningerne også her falder markant med førerløshed. De lavere variable omkostninger ved førerløse busser kan føre til mere individualiserede koncepter i den kollektive transport., 'On-demand'-styrede delte taxaer eller taxabusser (jf. afsnit 6.5) bliver ligeledes væsentligt billigere, og koncepterne er mere attraktive, fordi de er der for brugerne, netop når transportbehovet opstår.

Tids- og stedafhængige kørselsafgifter

Som nævnt indledningsvist kan vi i de største byer fremover forvente en meget kraftig trafikvækst og en endnu større stigning i trængslen. Ydermere vil selvkørende biler og nye forretningsmodeller skærpe de trafikale udfordringer og øge behovet for tiltag, der begrænser efterspørgslen på tidspunkter og steder, hvor kapaciteten er presset.

Trængselskommissionen konkluderede i 2013, at tids- og stedafhænge kørselsafgifter er det redskab, der indeholder det største potentiale i forhold til effektivt at kunne regulere efterspørgslen på biltrafik, og som målrettet kan adressere trængselsudfordringen og styrke fremkommeligheden på vejnettet. De Økonomiske Råd når ligeledes i 2013 frem til samme konklusion. Det kan i den forbindelse fremhæves, at de trafikale gevinster ved kørselsafgifter bliver større i en fremtid med forøget trængsel.

Fra et samfundsøkonomisk synspunkt bør det tilstræbes, at taksten sammen med de øvrige bilafgifter og afgifter på drivmidler afspejler trafikken's marginale eksterne omkostninger, dvs. trafikken's ulemper, der ikke bæres af den enkelte bilist, men af det omgivende samfund. I modsætning til de eksisterende afgifter kan tids- og stedafhængige kørselsafgifter tilpasses efter, at trængslen er meget forskellig på forskellige dele af vejnettet og på tværs af døgnet. Takststrukturen skal naturligvis indrettes under hensyntagen til, at bilisterne er i stand til at overskue den og planlægge deres adfærd ud fra den.

Overgang til kørselsafgifter, med takster der afspejler transportformens samlede belastning, vil ændre turtidspunkter og ruter for bilisterne, hvorved vejnettets kapacitet udnyttes bedre. Det vil også skærpe incitamenterne til at benytte kollektiv transport samt cykel og gang, privat samkørsel og på sigt også førerløse delte taxakoncepter.

Som fremhævet af Trængselskommissionen og De Økonomiske Råd kan en kørselsafgiftsordning med fordel kobles sammen med en omlægning af bilbeskatningen. Overgangsordninger kan mindske de fordelingsmæssige konsekvenser og bidrage til bredere accept af en omlægning.

Singapore er i 2018 tæt på at implementere en tids- og stedafhængig kørselsafgiftsordning for samtlige køretøjer, men der er endnu ikke indført noget tilsvarende i Europa. Erfaringer fra Europa indikerer, at der er en høj projektmæssig risiko forbundet med implementering af kørselsafgifter, hvilket ikke mindst kan tillægges, at de fordelingsmæssige konsekvenser kan udgøre en politisk barriere, samt at der reelt vil være tale om et it-udviklingsprojekt med involvering af flere offentlige og private aktører. En indførelse i praksis bør da også være betinget af, at det er samfundsøkonomisk lønsomt, når der tages højde for den tekniske løsnings investerings- og driftsomkostninger og de projektmæssige risici.

Erfaringer fra andre lande som Singapore og europæiske erfaringer med at indføre kilometerbaserede vejafgifter for lastbiler vil med tiden mindske disse risici. Samtidig vil den teknologiske udvikling inden for selvkørende biler og digitale forretningsmodeller på sigt kunne bidrage til at mindske systemomkostningerne.

INDSIGTER

- Førerløse taxaer og delekoncepter kan blive et reelt alternativ til privat bil i de største byer. Smartphone-baserede efterspørgselsdrevne forretningsmodeller vil muligvis kunne realiseres før førerløse privatbiler, da toneangivende virksomheder hævder at ville tilbyde dem i nogle amerikanske byer i løbet af få år. Sådanne koncepter vil forbedre mobiliteten for brugerne, men vil ikke i sig selv begrænse trafikken og trængslen i byerne, nok snarere tværtimod.
- Højklasset kollektivt transport med høj kapacitet, hastighed og frekvens samt gode betingelser for cykel og gang vil i fremtiden være en endnu vigtigere del af de større byers transportsystem, fordi trafik og trængsel generelt forventes at stige væsentligt. Specielt i Hovedstaden er der behov for skinnébåren trafik, som med høj kapacitet og stor fremkommelighed aflaster vejnettet.
- Førerløse private biler og taxaer vil på lang sigt øge efterspørgslen og skabe mere trafik og potentielt markant større trængsel i byerne. I forhold til biler med fører kan de 'tålmodigt' positionere sig før og efter afhentning af passagerer, selv når hastigheden er meget lav p.g.a. trafikpropper. Til gengæld vil muligheden for at repositionere bilerne kunne mindske behovet for parkeringspladser, hvor pladsen er knap.
- Automatisering af taxaer har klare kommercielle incitamenter, da den sparede chaufførløn vil sænke omkostningerne drastisk sammenlignet med dagens situation. Med stor udnyttelsesgrad kan prisen blive så lav, at de kan erstatte mange korte bilture i byerne.
- For byboere med lavt kørselsbehov kan det vise sig fordelagtigt at erstatte den private bil med taxakoncepter, eventuelt som del af MaaS-løsninger, fordi lejlighedsvis lange ture ud af byen foretages med delebilstjenester, som kan være en integreret del af konceptet. Fordelen i forhold til dagens delebiler vil være, at de kommer til brugeren, som derefter eventuelt selv kan køre bilen. Derfor kan dette også komme før førerløse private biler.
- En omlægning af bilafgifterne til tid- og stedafhængige kilometerbaserede vejafgifter er bredt anerkendt som principielt hensigtsmæssigt ud fra en samlet reguleringsbetragtning. Indførelse i praksis bør være betinget af, at det også er samfundsøkonomisk lønsomt, når der tages højde for systemets investerings- og driftsomkostninger og teknologirisici.
- Overgang til kørselsafgifter med takster, der afspejler transportformens samlede belastning, vil ændre turtidspunkter og ruter for bilisterne, hvorved vejnettets kapacitet udnyttes bedre. Det vil også skærpe incitamenterne til at benytte kollektiv transport samt cykel & gang, samkørsel i private biler og på sigt også førerløse delte taxakoncepter.
- De trafikale gevinster ved kørselsafgifter bliver større i en fremtid med forøget trængsel, og teknologiudviklingen vil gøre implementeringen enklere. Trængslen forventes i særlig grad at stige i de største byer og på det overordnede vejnet omkring dem. Automatiseringen og førerløse taxakoncepter vil samtidig bidrage til at modne teknologien til tid- og stedafhængige kilometerbaserede kørselsafgifter (road pricing) og mindske transaktionsomkostningerne ved at drive betalingssystemet.

- Forretningsmodellerne og de digitale platforme i førerløse taxa koncepter kan også udnyttes til såkaldte automatiserede delte mobilitetsløsninger, som spænder fra deletaxaer til individualiserede kollektiv-løsninger. Stor markedsandel for denne type løsninger har potentiale til en markant reduktion af antal parkerede biler, trafik og trængsel i større byer. Dette kan fremmes af generelle økonomiske virkemidler rettet mod begrænsning af trængslen, eksempelvis kørselsafgifter.
- De forskellige førerløse taxakoncepter vil ligesom delebiler ikke i sig selv begrænse trafikken og trængslen i byerne; nok snarere tværtimod. Det vil kræve, at koncepterne udnyttes til at fremme samkørsel, Det kan være som førerløse deletaxaer eller mere individualiserede kollektiv-løsninger.

7.3 Ringbyerne omkring de fire største byer

Trafikarbejdet for personbiler forventes at vokse med 20% i Ringbyerne fra 2015 til 2030. Det svarer nogenlunde til væksten på det overordnede vejnet mellem byerne. Trængslen vokser dog væsentligt mere med 80%. Det hænger blandt andet sammen med, at det overordnede vejnet i form af indfalds- og ringveje allerede i dag er meget belastede i morgen- og eftermiddagsmyldretiden. Den kollektive trafik vokser kun med 11%, så balancen forskubbes til en større andel for biltrafikken.

Private biler

Uden for byerne benyttes de fleste private biler dagligt, hvilket sammen med lavere befolkningstæthed mindsker markedspotentialet for delebiler. Selvstyrende egenskaber vil tidligt få værdi og dermed udbredelse for pendling fra de større byers opland, hvor rejsetiden er længere end i byerne. En væsentlig del af pendlingsturene benytter indfalds- og ringveje på det overordnede vejnet. Det vil øge trafikken og trængslen på disse i forvejen trængselsbelastede veje.

De førerløse biler vil på længere sigt give fordele for nye brugergrupper uden kørekort samt større udnyttelsesgrad gennem repositionering uden fører m.v. Fordelene vil resultere i overflytning fra kollektiv transport samt cykel og gang og generere ny trafik. Ikke mindst muligheden for repositionering kan gøre bilture til centrum mere attraktive, da ulemperne ved parkering kan minimeres. Dette vil i sig selv give øget trafik til og trængsel i byen og yderligere skabe store problemer med tomkørsel.

Kollektiv transport

Særligt for pendlingstrafikken vil kollektiv transport med høj kapacitet, hastighed og frekvens blive vigtig omkring de store byer. Automatisering af S-tog og førerløse busser kan styrke den kollektive transport gennem bedre økonomiske muligheder for højere frekvens og bedre fladedækning. Fordelene for passagerne vil dog ikke ændre ved, at førerløshed samlet set vil styrke bilerne i forhold til den kollektive transport.

I udkanten af og forstæderne til de større byer er afstanden mellem stationerne større, hvorved effektiv tilbringertrafik er den afgørende udfordring for den kollektive transports konkurrenceevne. Stationsnærhed for bolig og arbejdsplads er i dag en væsentlig faktor for den kollektive transports andel af turene¹⁴⁰). 'Parker-og-rejs' er ikke særligt udbredt i dag, men muligheden for kørsel til stationer med førerløse biler, som kan køre retur og eventuelt betjene andre i husstanden, kan blive et mere attraktivt alternativ. Derved kan førerløse biler styrke den kollektive trafik ved at skabe en mere sammenhængende dør-til-dør trafik i længere afstand fra stationerne.

Førerløse delekoncepter

Potentialet for delebiler og førerløse taxakoncepter vil som i dag afhænge af kørselsomfanget samt af ikke mindst turens antal og varighed. Den hyppige brug af bil uden for byernes centrum vil gøre, at privatbilen stadig vil være det foretrukne alternativ for de fleste. Dette er tilfældet selv med fortsat høj registreringsafgift, som i sig selv flytter tærsklen (break-even punktet) til fordel for delebiler.

Dette er i tråd med, at analyser af førerløse delekoncepter primært har fokuseret på de store byer, hvor potentialet vurderes først og fremmest at ligge¹⁴¹⁾. Der er befolkningstætheden høj, og et fintmasket kollektiv transportmindsker behovet for egen bil i hverdagen. Kort afstand til delebilerne er i dag en forudsætning for deres attraktivitet, jf. Afsnit 5.2. Den barriere for udbredelse uden for de større byer forsvinder med førerløse delebiler, fordi de selv kan komme til brugeren. Der skal dog nævnes, at der også er kilder, der vurderer, at førerløse delekoncepter generelt vil blive den dominerende løsning på sigt bort i tyndtbefolkede områder. Det baseres på en vurdering af, at omkostningerne bliver meget lavere end for private biler pga. meget høj udnyttelsesgrad.

Omkostningsreduktionen ved førerløshed kan åbne op for at taxabusser og deletaxaer der kan erstatte dagens rutebundne busser også uden for centrum af de større byer. Denne effekt forstærkes, hvis den understøttes af integration med den højklassede kollektive transport i en MaaS-løsning. Det vil kunne skabe mere sammenhængende dør-til-dør rejser og dermed mindske 'first-mile/last-mile'-problematikken i den kollektive trafik. Dette er særligt relevant for pendlingstrafikken til og fra arbejdskraftoplandet til hovedstaden og de større byer.

En konsekvens af dette scenarie vil på sigt være behov for ændringer i arealudnyttelsen ved stationer. Der vil være behov for færre parkeringspladser, men til gengæld større kapacitet til pick-up/drop-off zoner, som skal indrettes, så man undgår konflikt med cykel og gang. Øget til- og frabringstrafik med bil og taxabusser vil også kunne skabe lokale trængselsproblemer i spidsbelastningen på grund af stationernes centrale placeringer.

Førerløs teknologi giver imidlertid også nye muligheder for at udfylde busdriftens offentlige serviceforpligtelse i forbindelse med lokale ture. Dette gælder særligt, hvis antallet af efterspurgte ture i den kollektive trafik bliver væsentligt reduceret, fordi en stor del af kernegruppen vælger at benytte førerløse biler. I så fald vil det mindskede passagergrundlag alt andet lige gøre den enkelte rejse dyrere i disse områder og gøre det økonomisk vanskeligt at opretholde en rimelig fladedækning med traditionel rutebaseret busdrift. Udvikling af flexturkonceptet eller andre on-demand-løsninger kan skabe nye tilbud, der både potentielt kan være både mere individualiserede og billigere, fordi omkostningerne herved reduceres væsentligt, når chaufførens løn kan spares.

INDSIGTER

- Selvstyrende biler vil mindske ulempen ved køkørsel på indfalds- og ringveje i forbindelse med pendlingstrafikken. Det vil øge trafik og trængsel i spidsbelastningsperioderne yderligere.
- Førerløse biler kan understøtte den kollektive transport gennem bedre løsninger for til- og frabringstrafikken og ved at øge stationsoplandet.
- For stationer, der fungerer som vigtige kollektive knudepunkter med højt passagergrundlag, kan integration af andre dagligdags byfunktioner (f.eks. indkøb) i stationsmiljøet gøre valget af kollektiv transport mere attraktivt ved at reducere det samlede daglige transportbehov. Koncentration af byudvikling omkring knudepunkterne kan ligeledes understøtte den kollektive transport og bidrage til at skabe levende og attraktive bymiljøer.
- Ejerskabsforhold og opdelte roller har hidtil været en barriere for helhedstænkning, men et samlet ansvar for stationerne – som der nu lægges op til for S-banen – og nye offentlig-private partnerskabsformer vil kunne understøtte en sådan udvikling.

7.4 Øvrige byer og landområder

En meget stor del af den samlede personbiltrafik foregår derfor i og mellem de øvrige byer og i landområderne. Der er tale om meget forskelligartet trafik fra korte lokale ture i byerne til lange ture, som fortrinsvis sker i landområder. Men et fællestræk er, at trængslen ikke er et stort problem og formentlig heller ikke fremover vil være det, når man ser bort fra de dele af turene, som overlapper med trafikken på motorvejsnettet. Samlet set forventes vejtrafikken i disse områder at være set stort set uændret frem mod 2030. Det hænger blandt andet sammen med urbaniseringen, hvor befolkningstallet falder i de mindre byer landområderne og vokser mindre i de mellemstore byer end i de større byer. Et andet fælles træk er, at den kollektive transports rolle først og fremmest er en offentlig serviceforpligtelse til at levere mobilitet for alle borgere, snarere end at udføre en mærkbar del af transportarbejdet. I de tyndtbefolkede landområder og mindre byer bliver denne opgave stadig mere økonomisk udfordret.

Privat bil

Som i de andre geografiske områder vil selvstyrende biler give fordele ved, at føreren kan udnytte rejsetiden til andre aktiviteter. Det vil især kunne udnyttes på længere ture, som er hyppigere på landet og til og fra de mindre byer. Også her vil det som anført ovenfor få betydning, at motorvejsnettet tiltrække en større del af trafikken for de længere ture. Dette gælder i særlig grad i en den overgangsperiode, hvor selvstyrende egen-skaber kan benyttes på motorvejsnettet, men ikke kan udnyttes på det øvrige vejnet.

Førerløse biler vil indebære en markant forbedret mobilitet for unge og ældre samt andre uden kørekort, som får adgang til at benytte bil. Dette vil særligt gøre en forskel i små byer og på landet, hvor mobilitetsforbedringen for disse grupper vil gøre det mere attraktivt for f.eks. børnefamilier at bosætte sig her, end det er i dag.

Kollektiv transport

Uden for de større byer spiller den kollektive transport i dag en beskeden rolle i det samlede trafikbillede. Det gælder for såvel transportarbejdet som antallet af ture. Førerløse biler vil nedsætte behovet for kollektiv transport yderligere, hvis bilerne bliver tilstrækkeligt billige. I så fald vil argumentet for en offentlig serviceforpligtelse få mindre vægt.

For længere ture udfordres togets fordele af, at rejsetiden også kan udnyttes i selvstyrende og førerløse privatbiler. Transport mellem mindre byer er i forvejen ikke jernbanens styrkeposition, og driftsomkostningerne per passagerkilometer er høje og hastigheden ikke så høj som på lige på hovedbanenettet. Togrejser, der starter eller ender uden for Storkøbenhavn eller de større byer, udgør kun ca. 20% af persontransportarbejdet med tog. Som følge af urbaniseringen, fortsat stigende bilhold m.v. vil den del af togtrafikken, der ikke er knyttet op på de større byer, formentlig få mindre betydning fremover og svækkes yderligere i en fremtid med førerløse biler.

Derfor vil en fremtid med automatiseret vejtransport kunne mindske den samfundsøkonomiske lønsomhed af elektrificering af jernbanenettet, særligt på strækninger uden for hovedbanenettet. Med fortsat faldende pris på batterikapacitet kan investering i togmateriel med mulighed for batteridrift derfor vise sig at blive en mindre omkostningskrævende løsning uden for de tætrafikerede strækninger.

Førerløse delekoncepter

For ture i lokalområdet i de mindre byer vil problemstillingen og mulighederne for at udnytte førerløse busser og delekoncepter til bedre fladedækning, højere frekvens og 'on-demand'-løsninger være nogenlunde parallel til situationen i forstæderne til de større byer. I helt små byer og landområder vil førerløse biler sammen med befolkningsudviklingen betyde mindre efterspørgsel efter kollektiv transport i fremtiden. Allerede i dag varetages den offentlige serviceforpligtelse i landområderne i stigende grad gennem flex-ture. Omkostningerne og dermed tilskuddet per tur til flex-ture vil kunne nedbringes markant ved førerløse deletaxaer.

INDSIGTER

- Førerløse biler vil særligt kunne gøre en forskel i små byer og på landet, hvor udbuddet af kollektiv transport er begrænset. Mobilitetsforbedringen for børn og unge vil mindske det logistiske besvær for familier ved at bosætte sig i disse områder.
- Nye førerløse forretningskoncepter i stil med flex-ture kan i mange tilfælde være både omkostningseffektive og serviceforbedrende erstatninger for rutebaseret busdrift på lang sigt. Dette gælder ikke mindst i områder, hvor det kollektive passagergrundlag vil blive mindre med førerløse biler og i takt med fortsat urbanisering.
- Automatiseret busdrift i mellemstore byer vil have nogenlunde de samme perspektiver som lokalt i ringbyerne, dvs. driftsøkonomiske besparelser og/eller bedre fladedækning samt højere frekvens over en større del af døgnet.

7.5 Godstransport

Vejgodstransporten forventes at stige med 12% fra 2015 til 2030, hvilket er lidt mindre end væksten for personbilerne. Ligesom for biltrafikken vil væksten blive klart størst i de største byer, fordi befolkningen vil vokse mest her.

Godstransport sker enten med direkte transporter, eller via terminaler (omlastningssteder). Dermed baserer godstransporten sig, set i forhold til de i rapporten anvendte transportmarkeder, sig på to typer af transport:

- *Langdistancegods*: Typisk er dette transporter mellem terminaler, producenter og kunder. Transportformen kan både være via vej, bane, sø eller luft. For vejgodstra-

fikken foregår det meste på det overordnede vejnet, som også står for hovedparten af trafikken mellem byerne.

- *Distributionstransport*: Den første eller sidste del af transporten til fra terminal/lager til butikker eller med mindre køretøjer direkte til forbrugere eller virksomheder.

I det følgende gennemgås først de automatiseringsmæssige effekter henholdsvis langdistancegods og distributionstransport efterfulgt af indsigter for dette afsnit.

Automatisering af langdistancegods

Automatiseringen af lastbiler forventes at følge den samme udviklingssti som er beskrevet i kapitel 6 for private personbiler. En væsentlig forskel er dog, at chaufføren er professionel og skal have løn, så længe denne er påkrævet i lastbilen. Virksomhederne har derfor kun et incitament til at investere i selvkørende egenskaber, hvis de opnår en omkostningsbesparelse eller anden konkurrencemæssig fordel, for eksempel hvis chaufføren kan undværes eller udføre andet produktivt arbejde, eller hvis det indebærer, at stop i henhold til køre-hviletidsbestemmelserne kan undgås¹⁴²⁾.

Delvis automatisering af lastbilkørsel betegnes ofte 'platooning'. Her er lastbilerne forbundne (V2V-kommunikation). Lidt forenklet er platooning en elektronisk sammenkobling af lastbilerne til et langt vogntog, hvor det dybest set er føreren i den forreste lastbil, der aflæser og reagerer på trafik og omgivelser. Det er noget enklere end individuelt selvkørende lastbiler, hvor teknologien med sensorer og algoritmer mere eller mindre svarer til personbilerne.

Der er allerede gennemført en række eksperimenter med lastbil-platooning¹⁴³⁾, men reguleringen betyder i dag, at der også skal være en chauffør i de efterfølgende lastbiler, som overvåger kørslen. Behovet for denne chauffør vil forventeligt blive gradvist mindre og kan til sidst, når der gives mulighed for det i reguleringen, erstattes af overvågning fra et kontrolcenter¹⁴⁴⁾.

- *Platooning uden chauffør* i de efterfølgende lastbiler, men overvåget af et kontrolcenter vil formentlig teknisk set kunne være muligt inden for de næste ti år og muligvis før. Men fuld markedsintroduktion forudsætter, at lovgivningen følger med, hvilket kan vise sig at blive den kritiske faktor. Og stor udbredelse ville i øvrigt kræve at der opstår forretningsmodeller for deling af gevinster mellem de enkelte bilers operatører. Større transportører kunne dog potentielt finde en individuel business case i sådanne vogntog ved helt at eliminere en eller flere chaufførlønninger.
- *Platooning med chauffør* kan formentligt spare ca. 5-10 pct. af brændstofomkostningerne ved tæt kørsel. En effekt ved platooning vil også være en potentielt set bedre kapacitetsudnyttelse på vejene. Dette skyldes, at lastbilerne er forbundne, og at de derved kan køre tættere end ikke forbundne biler. Men det vil skabe udfordringer i forhold til den øvrige trafik, f.eks. indfletning fra motorvejsramper, vigepligtsregler i rundkørsler, mv. Med stor udbredelse vil det på grund af lastbilernes betydelige energiforbrug være en samfundsøkonomisk og miljømæssig gevinst, udover at være en gevinst for selve virksomhederne. Men påvirkningen på omkostningsstrukturen er ikke tilstrækkelig til at få nævneværdige efterspørgselseffekter. Hvis platooning i en overgangsperiode bliver udbredt, vil det kunne gøre det sværere at foretage vognbaneskift samt ind- og udfletninger ved til- og frakørsler på motorvejene, hvilket umiddelbart kan begrænse personbilernes brug af motorvejsnettet i tæt trafik.

Væsentlig omkostningsreduktion vil først indtræffe, hvis chaufføren helt kan undværes: På europæisk plan udgør chaufførlønnen 35-45% af omkostningerne og nogenlunde det samme i Danmark. Det vil give et betydeligt besparelspotentiale, også selv om der fortsat skal være en fører i den forreste lastbil. For helt førerløse lastbiler vil reduktionen derfor være tilsvarende større. Førerløse lastbiler vil i sagens natur også være uafhængige af køre- og hviletidsbestemmelser mv. På lange distancer er den gennemsnitlige hastighed over hele turen i dag kraftigt reduceret i forhold til hastigheden under kørsel, fordi lastbilerne holder stille på rastepladser, når chaufføren skal hvile eller overnatte. Derfor vil leveringstider på lange distancer, der i dag ikke kan nås inden for en dags kørsel¹⁴⁵⁾, potentielt kunne blive mærkbart kortere.

Den førerløse teknologi gør omvendt lastbilerne dyrere at fremstille. Det vurderes dog inden for erhvervet, at omkostningsforøgelsen vil være relativt lille i forhold til de samlede omkostninger ved driften. Omkostninger til førerløs teknologi i lastbilen vil ifølge visse vurderinger udgøre mindre end 5%¹⁴⁶⁾, når markedspotentialet er fuldt udnyttet. Dermed vejer chaufførbesparelsen relativt tungt, hvilket set i lyset af vejgodstransportens store økonomiske betydning giver stærke incitamenters til at udvikle teknologien. Ydermere vil førerløs kørsel give potentiale for en mere intensiv udnyttelse af lastbilerne og vejinfrastrukturen, når arbejdstidsregler og køre-hviletidsbestemmelser ikke længere er en begrænsning.

Førerløse lastbiler er pt. i operationel drift i lukkede miljøer i havne og miner, og man har i 2016 gennemført de første chaufførovervågede testkørsler med selvkørende lastbiler på offentlig vej¹⁴⁷⁾. Der er meget få og meget varierende konkrete bud på, hvornår førerløse lastbiler vil være klar til markedet, og hvor hurtigt markedsindtrængningen vil ske. Det gælder selv for lange distancer på det overordnede vejnet, men det er endnu mere usikkert for bytrafik.

ITF har i 2017¹⁴⁸⁾ analyseret tre mulige scenarier for udviklingen: 'Disruptive', 'Regulated' og 'Conservative', men også den mulighed, at teknologien ikke vil blive implementeret. For både det disruptive og det regulerede scenarie er førerløse lastbiler antaget dominerende (80%) på de lange distancer allerede fra 2030. I det konservative scenarie sker introduktionen først på den anden side af 2030.

De potentielt meget stejle indtrængningskurver sammenlignet med personbiler beror på, at lastbilerne har kortere levetid i operationel drift på lange distancer, og fordi konkurrencen ville være en stærk drivkraft for at introducere den nye teknologi. Både ift. store omkostningsbesparelser, men også ved at kunne eliminere køre- og hviletidsstop og dermed levere hurtigere.

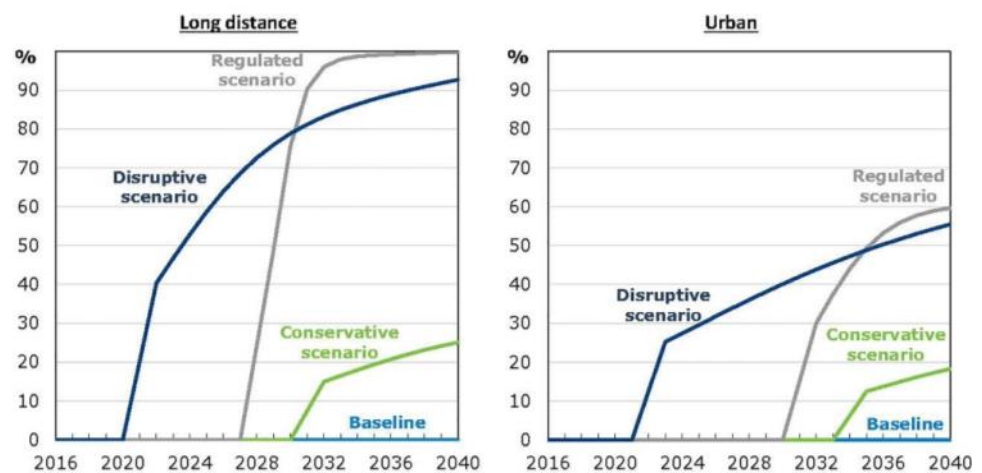
De to teknologi-optimistiske scenarier for førerløse lastbiler giver således ikke meget rum for platooning-teknologien, som derfor kun forventes at komme til at spille en rolle, hvis førerløse lastbiler først er på markedet efter 2030. Hvis platooning i bedste fald er en overgangsteknologi med kort levetid, kan man derfor stille spørgsmålstegn ved, hvor meget logistikvirksomheder vil bruge kræfter på den logistiske koordinering, som platooning under alle omstændigheder vil kræve. Med en vis vægt tillagt de pessimistiske scenarier forventes en introduktion af førerløse lastbiler på lange distancer om ca. 10 år og et ca. 10-årigt indtrængningsforløb.

Førerløse lastbiler kan potentielt øge sikkerheden i trafikken. Men så længe kørslen kun er tilladt på det overordnede vejnet og med hovedvægten på motorvejsnettet vil effekten være beskeden: I 2016 er der registreret 23 ulykker med lastbiler på motorvejene

(inkl. ramper), hvori personer er blevet dræbt eller kommet til skade. I disse 23 ulykker med lastbilsåkretøjer er i alt 5 personer blevet dræbt og 32 kommet til skade.

På trods af de positive samfundsøkonomiske effekter rejser en overgang til førerløse lastbiler naturligt spørgsmålet om de beskæftigelsesmæssige konsekvenser for de mange tusinde chauffører, der i dag er beskæftiget i transporterhvervet. Der er generelt enighed om, at der i dag er mangel på lastbilchauffører både i Danmark og i Europa generelt og særligt langturschauffører. Uden automatisering vil behovet stige sammen med den forventede vækst i vejgodstransporten, samtidig med at branchen har svært ved at tiltrække de unge generationer på arbejdsmarkedet.

Figur 7.1 To scenarier for indfasning af førerløse lastbiler



Kilde: ITF, Transition to Driverless Road Freight Transport

ITF-studiet konkluderer, at i de to scenarier med stejle indtrængningsforløb ('Disruptive' og 'Regulated', jf. figur 7.1 ovenfor) vil overefterspørgslen meget hurtigt forsvinde. Uanset hvornår overgangen til førerløse lastbiler kommer, er det overvejende sandsynligt, at omstillingen vil ske så hurtigt, at arbejdsmarkedet ikke kan nå at tilpasse sig, hvorfor der i omstillingsperioden er en risiko for høj chaufførarbejdsløshed. I et lokalt dansk perspektiv vil dette dog nok have en begrænset effekt. Dels da mange af de tilbageværende danske chauffører foretager distributionstransport, hvor der stadig vil være en del arbejde, der kræver menneskelig involvering, dels da danske chauffører generelt er godt uddannede og dermed bedre forberedt til at varetage andre opgaver.

Billigere vejgodstransport og kortere leveringstider over lange afstande vil generelt være en fordel for virksomhederne med de generelle afledte fordele for samfundsøkonomien, som mere effektiv godstransport vil have. En række afledte effekter kan være:

- *Ændret lokalisering af terminaler* og måske endda af produktionen gennem ændrede forsyningskæder og øget specialisering. I et europæisk konkurrenceperspektiv vil virksomheder i Danmark og andre lande, som ikke er centralt placeret i forhold til de største europæiske markeder, alt andet lige få størst fordele af mere effektiv godstransport.
- *Mindre sendinger* da elimineringen af chaufføromkostningen muliggør at mindre enheder omkostningseffektivt kan foretage direkte transporter og måske på et tidspunkt være en type rullende varelagre.

Et væsentligt fald i omkostningerne per tonkilometer vil alt andet lige føre til mere transport. Dog er det samlede godstransportarbejde over lange afstande relativt prisu-
elastisk, fordi transportomkostningerne udgør en lille andel af de fleste varers samlede
værdi. Overflytning fra tog og skib vil derfor formentlig kun give anledning til en lille
stigning i trafikarbejdet med lastbiler, hvis da ikke denne udlignes af tilsvarende effekt
fra automatisering af søtransport.

Som anført i afsnit 6.10 er automatisering ikke kun undervejs for vejgodstransporten.
Autonome skibe udvikles således af flere fabrikanten, og branchen ser stort potentiale i
dette. Både hvad angår fuld eller periodisk selvstyring og fjernstyring fra et kontrolcen-
ter i land, og både nationalt og internationalt. Sammenholdt med EU's mål om at flytte
mere gods fra vej til bane og sø, kan dette lette presset fra godstransport på de danske
veje, særligt den gennemkørende del. Det vil dog kræve nærmere analyse at vurdere
omfanget af dette.

Samlet set må førerløse lastbiler derfor forventes at give anledning til mere trafik på
det overordnede vejnet mellem byerne, hvilket vil give øget trængsel. Lastbilernes kørsel
er allerede i dag mere jævnt fordelt over dagen end personbilerne, men førerløs
kørsel må forventes at give mulighed for, at kørslen i endnu højere grad kan tilrette-
lægges, så den på de tættest befærdede veje foregår på ydertidspunkter, hvor belast-
ningen er lille. Men det vil kræve regulerende incitament, da fordelene ved at undgå
trængslen bliver mindre, fordi omkostninger per lastbiltime falder, og falder mere end
per kilometer, fordi brændstofomkostningerne jo ikke afhænger af tiden men afstan-
den. Lastens værdi og ønske om hurtig levering vil dog fortsat give et pres på at mind-
ske det transportmæssige tidsforbrug.

Afhængig af teknologiske muligheder kan realiseringen af de nævnte gevinster lede til
behov for tilretning af lovgivning, herunder evt. at udpege en særlig del af vejnettet,
hvor helt eller delvist selvkørende lastbiler er tilladte, ligesom det i dag er tilfældet med
modulvogntog. Dette kan evt. kombineres med anlæg og udpegning af logistikcentre i
tilknytning til dette særlige vejnet, hvorfra førerløse lastbiler kan køre, og hvor chauffø-
rer kan overtage den første eller sidste del af transporten.



Automatisering af distributionstransport

E-handel forventes at stige fortsat, med flere leveringer via mindre distributionskøretøjer. Selvom man umiddelbart skulle forvente, at dette ville reducere trafik relateret til indkøb, så peger hidtidige erfaringer mod en meget begrænset erstatning af persontransportture. For at undgå stigende trængsel som en følge heraf, vil der forventeligt nær byerne etableres konsolideringscentre. Særligt i fald der kommer regulering om fx elektrificering og/eller faste leveringstider af hensyn til omgivelserne. Men da e-handlen også gør leverancerne mindre, muliggøres at flere last-mile og andre korte transporter kan ske med en række mindre elektriske køretøjer: varebiler, varescootere og ladcykler/knallerter. Særligt i Tyskland og Holland ser man denne udvikling.

Da distributionstransporten skal inkludere de sidste meter til kunden, og ofte fysisk overlevering til denne, og da dette ofte sker i tætte miljøer med mange bløde trafikanter, ligger automatiseringen af distributionstransporten overvejende et stykke ude i fremtiden. Der er dog en række områder, hvor automatisering snart kan vinde frem:

- *Ground drones* – dvs. små selvkørende robotter – vil kunne revolutionere udbringning af pakker, post og vareudbringning, fordi lønomkostningen spares. Det er dog usikkert om forbrugerne vil acceptere den ekstra indsats ved at skulle gå robotten i møde. Der skal i givet fald noget ude i fremtiden gennemføres en lovgivning.
- *Droner til pakketransport* er teknisk muligt i dag, og flere transportører laver forsøg med leverance via drone. De kræver dog ret meget energi i forhold til vægt, og er derfor mest oplagte til specialområder som medicin, eksprespost, etc. Der er også udfordringer i forhold til sikkerhed – hvis droner f.eks. falder ned eller to droner støder sammen – overvågning, støj, mv. i forhold til regulering af luftrummet.

Droner kan således servicere tyndt befolkede områder samt ø-samfund med vare og pakkeudbringning, og dermed modvirke de eventuelle serviceforringelser, der måtte komme fra butikslukninger som følge af øget e-handel. Droneleverancer i større omfang, anses som urealistisk i tæt bebygget område, på grund af støjen, overvågningsaspekter, sikkerhed og manglende plads til aflevering af pakker. Den nuværende regulering muliggør ikke brug af droner til pakketransport, men alene til overvågede specialformål som kortlægning, fotografering, overvågning af afgrøder, etc.

I sig selv forventes nye forretningsmodeller ikke væsentligt at ændre på godstransportefterspørgslen, som fortsat forventes primært at være vejbaseret. Digitalisering og nye forretningsmodeller forventes dog at kunne levere betydelige effektiviseringsgevinster fra bedre udnyttelse af kapacitets og lavere transaktionsomkostninger. Rollerne kan også ændre sig pga. platformsløsninger og forretningsmodeller, hvor forsendelser sker direkte uden konsolidering (P2P). På grund af behovet for fintmasket transport er det derfor også oplagt at distributionstransporten kan gøre brug af nye forretningsmodeller, hvorved den restkapacitet som både privatpersoner og professionelle transportører kan bringes i spil. Dette ses allerede med portaler som udbyder transportydelser, udført af både private chauffører med bil og vognmænd. Tilsvarende taxi-området, vil der skulle foretages en afvejning af markeds konkurrence, forbrugerrettigheder og arbejdsretteligheder.

INDSIGTER

- For førerløse lastbiler vil indfasningen kunne ske langt hurtigere end for personbiler. En meget stor del af godstransportarbejdet med lastbil foregår over lange afstande og fortrinsvis på motorvejsnettet. På disse ture er førerløs lastbilkørsel mindst kompliceret og omkostningsbesparelsen ved automatiseringen er et stærkt incitament.
- For lastbiler kan førerløs kørsel give store besparelser i transporterhvervet, fordi chaufførlønnen er afgørende for de samlede transportomkostninger. Førerløse lastbiler vil også betyde kortere leveringstider over lange afstande, når man ikke er underlagt køre- og hviletidsbestemmelserne.
- Billigere godstransport og kortere leveringstider over lange afstande vil øge lastbiltrafikken. Det vil formentlig først og fremmest gøre sig gældende i europæisk perspektiv gennem ændrede forsyningskæder og lokalisering af terminaler og industriproduktion samt øget specialisering.
- Konkurrencen i vejgodstransporterhvervet er en stærk drivkraft i retning af automatisering af lastbilerne, da de potentielle fordele ved den sparede chaufførløn skaber klare incitamenter til at komme først. Derfor forventes en hurtig udskiftning af lastbilflåden, når først førerløs teknologi er teknologisk og økonomisk markedsklar.
- Førerløs lastbilkørsel ventes i starten primært at være begrænset til motorvejsnettet. Der kan derfor blive behov for anlæg af logistikcentre i tilknytning til motorveje, hvor chauffører kan overtage den første og sidste del af kørslen til og fra motorvejene.
- Platooning af lastbiler, dvs. elektronisk sammenkobling, må ses som en overgangsteknologi til førerløse lastbiler, og det er derfor tvivlsomt, om teknologien vil nå at få stor betydning.
- Førerløse lastbiler har langt større driftsøkonomisk potentiale og vil derfor have en kort indtrængningsperiode, når først de er markedsklare. Førerløs lastbilkørsel ventes i starten primært at være begrænset til motorvejsnettet. Der kan derfor blive behov for faciliteter i tilknytning til motorveje, hvor chauffører kan overtage den første og sidste del af kørslen til og fra motorvejene.
- Automatiseret distributionstransport ligger formentlig længere ude i fremtiden end for den tunge godstransport over lange distancer. Der er dog en række områder, hvor automatisering snart kan vinde frem:
 - Små selvkørende robotter (*ground drones*) med lav hastighed vil i løbet af nogle år potentielt kunne anvendes til udbringning af pakker, post og varer. Indpassningen i den øvrige trafik er uafklaret, og der kan være trafikale ulemper, som i givet fald kalder på regulering.
 - Droner til luftbåren pakketransport er teknisk mulige i dag. Udfordringer i forhold til sikkerhed, overvågning, støj, mv. vil kræve regulering af luftrummet og vil formentlig gøre drone-leverancer i stort omfang urealistisk i tætbefolkede områder. Ekspreslevering af lette varer, f.eks. medicin eller reservedele, vil være de mest oplagte områder ikke mindst i tyndtbefolkede egne.

7.6 Analyse på tværs af transportformer og geografier

Tabel 7.2 sammenfatter den kvalitative vurdering af effekter for transportsystemet i kapitel 6 (afsnit 6.2-6.7), samt analysen af betydningen for de fire geografiske områder, der er gennemgået ovenfor (afsnit 7.1-7.4). Tabellen angiver størrelsesordenen af effek-

ter i form af cirklerne areal på tværs transportformer og geografiske områder. Formålet med tabellen er at identificere og forklare en række tværgående indsigter om transportefterspørgsel, trafikomfang og trængsel, mobilitet og bykvalitet.

Tabel 7.2 En fremtid med automatisering og nye forretningsmodeller

Transportform	Effekt	M: Mellem byerne C: Centrum af de fire største byer R: Ringbyerne omkring de fire største byer Ø: Øvrige byer og landområder	Efterspørgsel	Trængsel	Mobilitet for alle	Bykvalitet
Privat bil			↓			
Selvstyrende	<ul style="list-style-type: none">• Kommer tidligere på motorveje og måske slet ikke i bytrafik.• Bedre udnyttelse af rejseliden giver flere ture• Bedre tidsudnyttelse kan give længere ture• Øget pendling i bil på byernes indfalds- og omfartsveje• Mere trafik, hvor trængslen i forvejen er høj• Kan øge kapaciteten på motorveje	M	●	●	○	—
		C	●	●	○	○
		R	●	●	○	○
		Ø	●	—	○	—
Førerløs	<ul style="list-style-type: none">• Nye brugere uden kørekort, fx. børn og ældre• Parkeringsbesværet elimineres for kørsel til og fra byen• Vanskeligt at forudsige påvirkning af lokalisering• Bilen kan køre tom retur til bopæl og udnyttes i løbet af dagen• Potentielt mindre behov for parkering i bymidter• Uvist om førerløs bil i bytrafik bliver et reelt alternativ	M	●	●	●	—
		C	●	●	●	●
		R	●	●	●	●
		Ø	●	—	●	—
Førerløs taxa og flextrafik						
Taxa	<ul style="list-style-type: none">• Sparede chauffør løn gør det til et alternativ til privat bil i byen• Overflytning fra kollektiv trafik, cykel og gang• Letter tilbringertransport til togstationer• Mere trafik og mindre behov for parkering• Ikke ideel til lange ture• Tom repositionering øger trafikomfanget	M	●	○	●	—
		C	●	●	●	●
		R	●	●	●	●
		Ø	●	○	●	—
Deletaxa	<ul style="list-style-type: none">• Delte ture er billige, men også mindre attraktive for brugerne end taxa/privatbil, men mere end kollektiv• Skaber mindre trængslen i bycentre sammenlignet med taxa• Billiggør flextur-koncepter• Et alternativ til traditionel kollektiv trafik• Uden for byerne kan det øge mobiliteten for personer uden bil	M	—	—	—	—
		C	●	●	●	●
		R	●	●	●	●
		Ø	●	—	●	—
Taxabus	<ul style="list-style-type: none">• ‘On demand’ via smartphone.• Kører i fint-masket net af ‘pick-up/drop-off’ steder• Trængslen reduceres betydeligt• Et alternativ til traditionel kollektiv trafik	M	—	—	—	—
		C	●	●	●	●
		R	●	●	●	●
		Ø	●	—	●	—
Automatisering af kollektiv transport						
Bus i rute	<ul style="list-style-type: none">• Gevinsten er primært den sparede chauffør løn• Driftsbesparelse kan konverteres til bedre service• Mulighed for højere frekvens i ydertidspunkter• Rutebusser kan tabe terræn til førerløs taxa• Mellem byerne bliver bus et endnu billigere alternativ til tog	M	●	●	●	—
		C	●	●	●	○
		R	●	●	●	○
		Ø	●	—	●	—
Letbane og BRT	<ul style="list-style-type: none">• Størst besparelspotentiale i BRT-løsninger• Førerløshed kan give buskørslen højere passagerkomfort• BRT nærmere sig letbane for så vidt angår komfort	M	—	—	—	—
		C	●	●	●	○
		R	●	●	●	○
		Ø	—	—	—	—
Tog, S-tog, Metro	<ul style="list-style-type: none">• Automatiserede S-tog kan give højere frekvens og bedre regularitet• Potentialet er knyttet til signalprogrammets implementering• Automatisering af fjerntog er fortsat på forskningsniveau• Automatisering af fjerntog er teknisk mere kompliceret• Automatisering af fjerntog har ikke så høje driftsbesparelser	M	—	—	—	—
		C	●	●	●	●
		R	●	●	●	●
		Ø	—	—	—	—
Signatur: Cirklerne areal angiver en størrelsesorden af effekten Cirklerne farve angiver om effekten er en samfundsmæssig gevinst (grøn) eller ulempe (rød) 'o' og 'i' angiver at effekten vurderes at være henholdsvis uvæsentlig eller ikke relevant						

TVÆRGÅENDE INDSIGTER OM EFTERSPØRGSEL

- Den store gevinst for brugerne af transportsystemet sker gennem chaufførens mulighed for at foretage sig andre ting under kørsel. Det svarer til at tidsværdien falder, altså vil det i mindre grad opleves som en ulempe, når man kører i bil. De tekniske muligheder vil først komme på motorvejsnettet. Det vil være en logisk følge af, at den mere generelle ændring af færdselsloven, som vil være nødvendig for at høste gevinsterne, i første omgang vil komme til at dække motorvejsnettet. Det næste store teknologisk skridt i forhold til at opnå trafikantgevinster kommer, når egentlige førerløse biler bliver en mulighed på vejnettet som helhed. Formentlig vil det allerede inden det punkt nås være teknisk muligt at opnå brugergevinster, fordi prisen på taxikørsel vil falde markant, når chaufførlønnen falder bort. Måske vil prisen på taxikørsel falde så meget, at det vil svare til prisen for at køre i bil i dag.
- I takt med at udbredelse af automatisering bliver bilkørsel mere attraktiv sammenlignet med andre transportformer, hvilket svækker den nuværende kollektive transports konkurrenceevne. Tilsvarende vil lastbiler få en endnu højere konkurrencefordel i forhold til banegods.

TVÆRGÅENDE INDSIGTER OM TRAFIKOMFANG OG TRÆNGSEL

- Automatisering af transportmidlerne indebærer alt andet lige, at trafikomfanget vil stige. Selvom teknologien kan give en bedre kapacitetsudnyttelse af vejnettet, forventer de fleste analyser, at trængslen samlet set vil stige. Selvstyrende og førerløse privatbiler vil øge trafik og trængsel på indfalds- og ringveje omkring de største byer og særligt i Hovedstadsområdet øger det sammen med fortsat kraftig urbanisering og generel trafikvækst behovet for udnyttelse af den skinnearbejds transports høje kapacitet.
- I fremtiden kan vi forvente stigende trafik og markant større trængselsproblemer, som ikke løses af automatiseringen.
- Formentlig vil hverken delebiler eller automatisering af bilerne gøre problemerne mindre. Brugere af delebiler øge biltrafikken, mens de brugere, der fravælger egen bil, vil køre mindre. Den samlede effekt på trafikken kan således gå begge veje. Øget udbredelse af delebiler vil derfor ikke nødvendigvis reducere trængslen i byerne.
- På lang sigt kan stor udbredelse af førerløse køretøjer nødvendiggøre omfattende regulering, f.eks. i form af høj betaling, for at undgå trafiksammenbrud i myldretiderne i de største byer.

TVÆRGÅENDE INDSIGTER OM MOBILITET FOR ALLE

- En meget væsentlig effekt af førerløse biler er muligheden for en markant forøgelse mobiliteten for alle, der i dag ikke har kørekort og derfor er afhængig af kollektiv transport eller samkørsel. Det gælder ikke mindst i tyndtbefolkede områder og på tidspunkter, hvor det kollektive transporttilbud er beskedent. I disse situationer kan førerløse biler forventes at få store konsekvenser for omfang og organisering af den kollektive trafik.
- Den kollektive trafiks vigtigste funktion i de mindre byer og landområder er at udfylde den offentlige serviceforpligtelse til at sikre mobilitet for alle borgere. Hvis førerløse biler bevirker, at også unge og ældre samt andre uden kørekort får adgang til at benytte bil, vil dette argument for offentlige serviceforpligtelser få mindre betydning.

- Med deletaxaer og taxabusser bliver grænsen mellem individuel og kollektiv transport flydende, hvilket kan forstærkes af MaaS-koncepter, som jo integrerer både delebiler, taxi og deletaxier med den traditionelle ruteplanlagte kollektive trafik med hensyn til rejseplanlægning og selve betalingen af rejsen.
- Førerløse taxaer vil generelt være med til at øge mobiliteten for dem, der i dag har dårlig adgang til kollektiv trafik. Herunder især dem, der på grund af fysiske begrænsninger har svært ved at anvende eksempelvis bus, metro og tog som dagligt transportmiddel. Delebilskoncepter vil samtidig øge mobiliteten på især de lidt længere destinationer for byboere, som ellers ikke ville have bil.
- Det kan på sigt øge oplandet til stationer og andre højklassede knudepunkter ved at tilbyde mere effektive og fleksible til- og frabringeløsninger end traditionelle busser i fast rute. Det samme gør sig gældende for førerløse privatbiler, som ikke behøver at parkere ved stationen. Begge dele vil indebære behov for ændret udformning af stationsforpladser med større vægt på zoner med høj kapacitet til 'pick-up/drop-off' og mindre behov for parkér og rejs anlæg.
- Førerløse minibusser vil ligeledes kunne give et bedre kollektivt mobilitetstilbud med hyppigere afgang for brugere i områder og på tidspunkter, hvor det kollektive trafiktilbud i dag er lavfrekvent på grund af et højt tilskudsbehov per rejse.

TVERGÅENDE INDSIGTER OM BYKVALITET

- Muligheden for at udnytte tiden under førerløs kørsel og muligheden for automatisk ompositionering af bilerne efter brug giver helt nye måder at bruge bilen på. Det vil påvirke tilrettelæggelsen af vores hverdag og måske hele vores livsstil.
- Derudover kommer udbredelse af både førerløse privatbiler og taxaer til at stille nye krav til indretning af trafikarealerne i byerne med behov for færre parkeringspladser, men et øget behov for af- og påsætningspladser. Et reduceret parkeringsbehov kan give mulighed for at udnytte eksisterende p-pladser til bylivsfunktioner og grønne byrum. I gader med kantstensparkering kan et reduceret p-behov frigive plads til flere lege- og opholdsområder, udstilling fra butikker, udeservering fra caféer eller lign., som både kan øge bykvaliteten og omsætningen i lokale kommercielle erhverv. Større p-pladser kan udnyttes til nybyggeri, pladسدannelser eller parker og giver dermed en mere effektiv udnyttelse af arealerne i den tætte by. Til gengæld vil der blive behov for arealer udenfor den tætte by, hvor bilerne kan holde, når de ikke er i brug. Men her er pladsen mindre knap, og der vil være tale om færre biler, da de er delte. Arealbehovet per bil kan også blive mindre, da automatisering betyder at bilerne kan parkeres mere kompakt.
- Muligheden for at sikre, at førerløse biler ikke overskrider fartgrænsen kan give en positiv effekt på det lokale miljø samt sikkerhed og tryghed for fodgængere og cyklister.
- Et perspektiv er, at bosætning i landområder og små byer bliver mere attraktivt, når førerløse biler reducerer ulempen ved længere pendlingstider. Et risikoscenarie for de tættest befolkede centre af de større byer og især hovedstadsområdet er en radikalt *forværret trafiksituation* med et meget højt trængselsniveau over store dele af dagen.
- På længere sigt vil en øget anvendelse af førerløse taxakoncepter dog også kunne få betydning for lokalisering af byfunktioner, der kan spredes til et større område end hidtil. Delebiler kan samtidig give mindre behov for parkeringspladser. I de største byer kan dette udnyttes til at reducere parkeringssøgetiden og som nævnt ovenfor frigøre knappe arealer til andre formål.

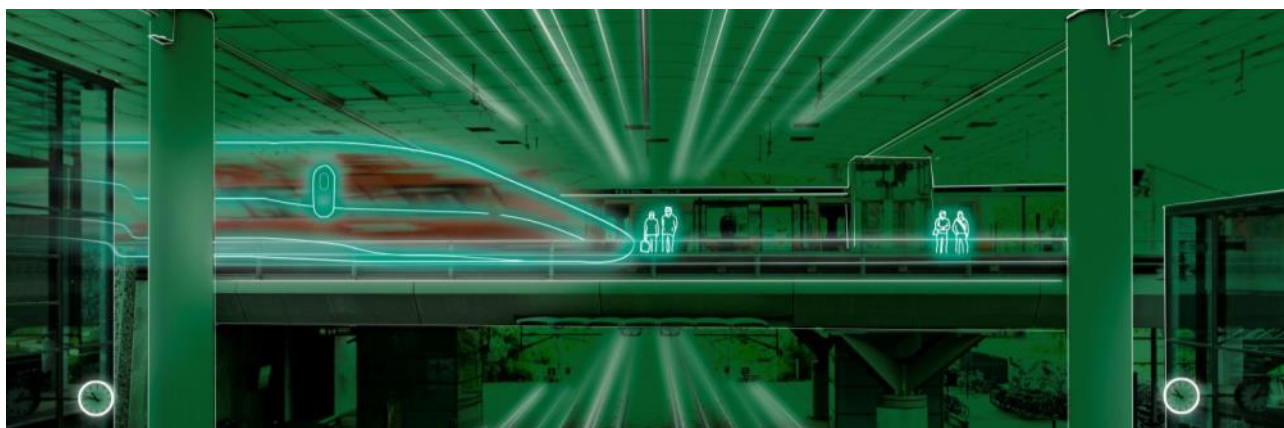
7.7 Betydning for transportpolitikens beslutningsgrundlag

Førerløse biler indebærer potentielt meget omfattende ændringer i vores transportmønstre, trafikomfanget og fordelingen på transportformer. Derfor bør man eksplicit forholde sig til usikkerheden om indfasningen i analysegrundlaget for de kommende års transportpolitiske beslutninger. Der er usikkerhed om, hvorvidt en fuldstændig automatisering af biler, hvor førerløs kørsel er mulige under alle de samme forhold som med et person ved rattet, vil blive en realitet.

Effekterne af automatisering, digitalisering og nye forretningsmodeller er vanskelige at vurdere, hvilket giver usikkerhed om de langsigtede gevinster af investeringer på transportområdet. Der er behov for forbedring af beslutningsstøtteværktøjer, der tydeliggør de usikkerheder, der er forbundet med den teknologiske udvikling. Det anbefales at justere de samfundsøkonomiske metoder og evt. Landstrafikmodellen og andre trafikmodeller, så der kan foretages følsomhedsberegninger af den teknologiske usikkerhed ved store beslutninger.

INDSIGTER

- De teknologiske nybrud og deleøkonomiske forretningskoncepter giver anledning til løbende at opdatere beslutningsstøtteværktøjerne på transportområdet:
 - I første omgang bør de samfundsøkonomiske analysemetoder udbygges til at kunne vurdere konsekvenserne af alternative scenarier for automatiseringen for de enkelte projekter.
 - Landstrafikmodellen og andre trafikmodeller bør tilsvarende kunne belyse de forventede adfærdskonsekvenser af nye og ændrede transportformer, herunder af førerløse taxakoncepter og bilførerens mulighed for at udnytte rejsetiden med selvkørende biler i fremtiden.



Litteratur

2getthere (2016), *News – Driverless Parkshuttle*, 9. november 2016

Agerholm, N., Møller, J., & Forman, T. (2010), *Mobilitet og personbefordring i landdistrikter: Hovedresultater fra Favrskovundersøgelsen*, Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet

Alonso-Mora, J., Samaranayake, S., Wallar, A., Frazzoli, E., Rus, D. (2017), *On-demand high-capacity ride-sharing via dynamic trip-vehicle assignment*, PNAS, 114 (3), 462-467

Asselin-Miller, N., Biedka, M., Gibson, G., Kirsch, F., Hill, N., White, B., Uddin, K. (2016), *Study on the Deployment of C-ITS in Europe: Final Report*, Executive Summary

Audi, <http://www.audi.dk/dk/brand/da/tools/news/pool/2017/09/audi-ai-kopilot-i-den-nye-audi-a8.print.html>

Banedanmark (2017), *Notat om jernbanens rolle i fremtidens transport*

Bastian, A., Börjesson, M., Eliasson, J., (2016), *Explaining ‘peak-car’ with economic variables*, Transportation Research Part A Policy and Practice 88:236-250

Boston Consulting Group (2017), *By 2030, 25% of Miles Driven in US Could Be In Shared Self-Driving Electric Cars*

Braithwaite, A. (2017), *The Implications of Internet Shopping Growth on the Van Fleet and Traffic Activity*, Royal Automobile Club Foundation for Motoring: London

Bösch, P. M., Becker, F., Becker, H., Axhausen, K. W. (2017), *Cost-based analysis of autonomous mobility services*, Transport Policy

Cabanatuan, Michael (2017), *Plan to set SF parking rates based on demand is approved*, San Francisco Chronicle

Carless Consult (2017), *Evaluering af ny mobilitet*, Executive Summary

C-ITS Platform (2016), *Annexes to the C-ITS Platform final report of January 2016*

C-ITS Platform (2016), *C-ITS - Final report*

C-ITS Platform (2017), *Certificate Policy for Deployment and Operation of European Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS)*, Release 1

Clewlow, R.R., Mishra, G.S. (2017), *Disruptive Transportation: The Adoption, Utilization, and Impacts of Ride-Hailing in the United States*, Research Report UCD-ITS-RR-17-07, Institute of Transportation Studies, University of California Davis

CNN (2017), *Pilotless Planes could save airlines billions – But would anyone fly?*, 7. august 2017

Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – *Towards a thriving data-driven economy*, COM(2014) 442 final

COWI (2010), *Ring 3 – Letbane eller BRT?*

Daimler, *The Mercedes-Benz Future Bus – The future of mobility*

Danmarks Statistik, *DEGURBA (Degree of Urbanization)*

Danmarks Statistik, *Statistikbanken*

Danmarks Statistik (2017), *Yngste bilpark siden 2003*, Nyt fra Danmarks Statistik nr. 129, Motorparken – bestanden af personbiler

Danske regioner (2017), *Økonomiske konsekvenser af førerløse busser*

Deloitte & Alexandra Instituttet (2017), *Analyse af behov for infrastruktur for positionerings- og navigationsdata*

Digitalt Vækstpanel (2017), *Danmark som digital frontløber – Anbefalinger til regeringen fra Digitalt Vækstpanel*

DSB (2017), *Fremtidens Tog - Beslutningsoplæg for Fase 1.5*

DTU, *Landstrafikmodellen 2.0*

DTU, *Transportøkonomiske Enhedspriser*

DTU (2018), *Fremskrivningstendenser for persontrafikken til 2030*

DTU Transport (2009), *Reestimation af ART – Revideret notat*

EasyWay (2015), *Traffic Management Services – Dynamic Lane Management (Deployment Guideline)*

Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet (2011), *Lovbekendtgørelse nr. 674 af 21. juni 2011 om bæredygtige biobrændstoffer og om reduktion af drivhusgasser fra transport*

Energistyrelsen, *Basisfremskrivning 2017*

Energistyrelsen, *Energistatistikken 2016*

ERTRAC (2017), *Automated Driving Roadmap, Version 7.0*

Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2010/40/EU af 7. juli 2010 om rammerne for indførelse af intelligente transportsystemer på vejtransportområdet og for grænsefladerne til andre transportformer, EU-tidende 2010, nr. L 207, side 1-13

Europa-Parlamentets og Rådets Forordning (EU) 2016/679 af 27. april 2016 (Persondataforordningen) om beskyttelse af fysiske personer i forbindelse med behandlings af personoplysninger og om fri udveksling af sådanne oplysninger og om ophævelse af direktiv 95/46/EF, EU-tidende 2016, nr. L 119, side 1-88

European Truck Platooning, <https://www.eutruckplatooning.com/default.aspx>

Eurostat, *DEGURBA (Degree of Urbanization)*, <http://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/population-distribution-demography/degurba>

FDM (2017), *Tesla lader op til elektrisk lastbil*, Artikel fra FDM, 23. november 2017

Finansministeriet (2017), *Opdateret 2025-forløb*

Forslag til Europa-Parlamentets og Rådets Afgørelse om ændring af direktiv 2010/40/EU for så vidt angår perioden for vedtagelse af delegerede retsakter

Gate 21 (2014), *Kør smart, kør sammen - Analyserapport juni 2014*

Gaudry (2017), *Time Reliability*, DTU Seminar den 9. oktober 2017

Giesel, F., Nobis, C. (2016), *The impact of Carsharing on car ownership in German cities*, Transportation Research Procedia 19, 215-224

GoMore, *Pressemeddelelser om medlemstal*, <https://gomore.dk/>

Goodall, W., Fishman, T.D., Bornstein, J., Bonthron, B. (2017), *The rise of mobility as a service*, Deloitte review 20, Deloitte Development LLC

- Hampshire, R.C., Simek, C., Fabusuyi, T., Di, X., Chen, X. (2017), *Measuring the impact of an unanticipated suspension of ride-sourcing in Austin, Texas*
- Haustein, S., Nielsen, T.A.S. (2015), *Deleøkonomi i transport: Udvikling, trends og potenti-ale*, DTU Transport, Notat, vol. 19
- Hvid, I. (2016), *Effektundersøgelse af busfremkommelighed*, Trafikdage på Aalborg Uni-versitet
- ICP (2017), *E-handelens konsekvenser for byerne og ejendomsværdierne*, ICP A/S, Institut for Center Planlægning
- Independent Transport Commission (2016), *Recent trends in road and rail travel: What do they tell us?*
- International Transport Forum (2015), *Urban Mobility System Upgrade – How shared self-driving cars could change city traffic*
- International Transport Forum (2017), *Managing the Transition to Driverless Road Freight Transport*
- Kalra, N., Groves, D. G. (2017), *The Enemy of Good – Estimating the Cost of Waiting for Nearly Perfect Automated Vehicles*, RAND Corporation
- Karlsson, I.C.M., Sochor, J., Strömberg, H. (2016), *Developing the ‘Service’ in Mobility as a Service: experiences from a field trial of an innovative travel brokerage*, Transportation Research Procedia 14, 3265-3273
- Klimarådet (2017), *Omstilling frem mod 2030*
- Kortnum, K., Schönduwe, R., Stolte, B., Bock, B. (2016), *Free-floating carsharing: City specific growth rates and success factors*, Transportation Research Procedia 19, 328-340
- København Kommune, *Trængselsindeks for Hovedstadsområdet*, <https://www.kk.dk/sites/default/files/edoc/9874cbb5-5931-46e1-911a-4444e92d9eda/c6d3f975-e3ea-4059-952b-9704acodd6c9/Attachments/23cb1e88-c4a7-4285-9a8a-ff1d3780ec86.PDF>
- Kurzweil (2017), *Using ‘cooperative perception’ between intelligent vehicles to reduce risks*
- Lee, R.J., Sener, I.N., Mokhtarian, P., Handy, S.L. (2017), *Relationships between the online and in-store shopping frequency of Davis, California residents*, Transportation Research Part A 100, 40-52
- Litman, T. (2014), *Autonomous Vehicle Implementation Predictions Implications for Transport Planning*, Victoria Transport Policy Institute
- Litman, Todd (2017), *Autonomous Vehicle Implementation predictions – Implications for Transport Planning*, Victoria Transport Policy Institute
- McDonald, N. C. (2015), *Are Millennials really the “Go-Nowhere” generation?*, Journal of the American Planning Association 81 (2), 90-103
- McKinsey & Company (2017), *Self-driving car technology: When will the robots hit the road?*
- Metroselskabet & Hovedstadens Letbane (2017), *Megatendenser – Fremtidens kollektive transport i hovedstadsområdet*
- Meyer, J., Becker, H., Bösch, P. M., Axhausen, K. W. (2017), *Autonomous vehicles: The next jump in accessibilities?*, ETH Zürich

Miljøministeriet (2010), *Bekendtgørelse nr. 1510 af 15. december 2010 om vurdering af visse offentlige og private anlægs virkning på miljøet (VVM) i medfør af lov om planlægning*

Miljøministeriet (2013), *Fingerplan 2013 - Landsplandirektiv for hovedstadsområdets planlægning*

Miramontes, M., Pfertner, M., Rayaprolu, H.S., Schreiner, M., Wulfhorst, G. (2017), *Impact of a multimodal mobility service on travel behavior and preferences: User insights from Munich's first mobility station*, *Transportation* 44 (6), 1325–1342

Moe|Tetraplan (2017), *E-handelens betydning for trafikudviklingen*, Rapport udarbejdet for Vejdirektoratet af Moe|Tetraplan

Mover, <https://www.mover.dk/about>

Neoh, J. G., Chipulu, M., Marshall, A. (2017), *What encourages people to carpool? An evaluation of factors with meta analysis*, *Transportation* 44, 423-447

Nielsen, A., Larsen, C., Galbo-Jørgensen, C. (2016), *Deleøkonomiens betydning for statsvejnettet*, Rapport udarbejdet af Incentive for Vejdirektoratet

Nielsen, J.R., Hovmøller, H., Blyth, P-L., Sovacool, B.K. (2015), *Of “white crows” and “cash savers:” A qualitative study of travel behavior and perceptions of ridesharing in Denmark*, *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 78, 113-123

Nielsen, O.A., Ingvardson, J. B., Andersen, J. L. E. (2013), *Analyse af potentialet for flere letbaner i Hovedstadsregionen*, DTU

Nielsen, O. A., Ingvardson, J. B., Andersen, J. L. E. (2014), *Trafikanalyser af et net af letbaner og BRT i hovedstaden*, DTU

Nielsen, T. A. S., Haustein, S. (2015), *Før- og efterundersøgelse af deltagere i forsøgsprojektet: Kollektiv trafik og delebiler – en samlet mobilitetsløsning*, DTU Transport, Notat Vol. 20

Norre, L. (1999), *Hvad betyder medlemskab af en delebilklub for transportadfærden? Erfaringer fra 1997-1999*, Trafikdage på Aalborg Universitet

OECD (2015), *The Metropolitan Century - Understanding urbanization and its consequences*

OECD (2017), *Transition to shared mobility*, International Transport Forum, Corporate Partnership Board Report

PA Consulting (2017), *Autonomous Vehicles – What are the roadblocks?*

Pilegaard, N. og Nielsen, T.A.S. (2013), *Pendling i Danmark*, Transporthorisonter, DTU

Rambøll Parsons (2017), *Reorganization Of The S-Bane For Driverless Operation*

Rayle, L., Dai, D., Chan, N., Cervero, R., Shaheen, S. (2016), *Just a better taxi? A survey-based comparison of taxis, transit, and ride-sourcing services in San Francisco*, *Transport Policy* 45, 168-178

Region Hovedstaden (2017), *Ny Mobilitet - Fleksibel transport og bedre byrum – Evalueringsrapport*, Udarbejdet af Carless Consult for Region Hovedstaden

RethinkX (2017), *Self-Driving Electric Cars Will Dominate Roads by 2030*

Reuters (2017), *GM plans large-scale launch of self-driving cars in U.S. cities in 2019*, Business News, 30. november 2017

Rotem-Mindali, O., Weltevreden, J.W.J. (2013), *Transport effects of e-commerce: What can be learned after years of research?*, *Transportation* 40, 867–885

- RSG Inc., Coogan, M., The Rand Corporation, Nygaard, N., Weinberger, R. (2017), *Understanding changes in youth mobility*, NCHRP 08-36, Task 132, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), AASHTO
- SAE (2016), *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*
- SFPark, *Pilot Project Evaluation – The SFMTA’s evaluation of the benefits of the SFPark pilot project*
- Shaheen, S., Stocker, A., Mundler, M. (2016), *Online and app-based carpooling in France: Analyzing users and practices - A study of BlaBlaCar*, TSRC, University of California, Berkeley
- Siemens (2016), *Elektrificering af Danmarks færgefart*
- Skatteministeriet (2017), *Besvarelse af SAU alm. del spm. 352, 2016-2017*
- Sochor, J., Karlsson, M.A, Strömberg, H. (2016), *Trying out Mobility as a Service*, Transportation Research Record 2542, 57-64
- Stapleton, L., Sorrell, S., Schwanen, T. (2017), *Peak car and increasing rebound: A closer look at car travel trends in Great Britain*, Transportation Research Part D 53, 217–233
- Stocker, A., Shaheen, S. (2017), *Shared Automated Vehicles: Review of Business Models*, International Transport Forum, Discussion Paper No. 2017-09
- The Information Daily (2017), *35 driverless, electric, minibuses are “on the road” in nine countries*, 26. april 2017
- TomTom, *Congestion index - København, Aarhus og Odense*,
https://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/
- Trafik- og Byggestyrelsen (2016), *Nøgletal for offentlig buskørsel, ekskl. handicapkørsel – Budget 2016*
- Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2017), *Pulje til investeringer i kollektiv bustrafik*
- Transport-, Bygnings- og Boligministeriet (2007), *Bekendtgørelse nr. 328 af 28. marts 2007 om køre- og hviletidsbestemmelserne i vejtransport*
- Transport-, Bygnings- og Boligministeriet (2013), *Trafik og trængsel på vejnettet i hovedstadsområdet, Notat til Trængselskommissionen*
- Transport-, Bygnings- og Boligministeriet, *Bekendtgørelse nr. 1432 af 3. december 2015 om fremkommelighedsudvalg*
- Transportvaneundersøgelsen (TU) 2011-2015
- Transportvaneundersøgelsen (TU) 2016
- Trængselskommissionen (2013), *Hovedrapport - Mobilitet og fremkommelighed i hovedstaden*
- Taale, H., Middelham, F. (2000), *Ten Years of Ramp-Metering in the Netherlands*, Institution of Electrical Engineers (IEE)
- Valle, Marius (2017), *Rapport: Salget af fossilbiler halveres globalt inden 2030*, Artikel fra Ingeniøren, 14. november 2017
- Vejdirektoratet & Kommunalteknisk Chefforening, *SAMKOM - Kommunesamarbejder*
- Vejdirektoratet, *Personer pr. bil, Løbende undersøgelser*
- Vejdirektoratet, *Statistikatalog – Nøgletal om vejtransport*

Vejdirektoratet (2012), *Bedre trafiksignaler*, Rapport 411

Vejdirektoratet (2015), *Trafikale konsekvenser af selvkørende biler*

Vejdirektoratet (2016), *Evaluerings af variable tavler på Ring 3*

Vejdirektoratet (2016), *MOTObA - Baggrundsnotat*

Vejdirektoratet (2017), *EU-lovgivning i form af retsakter om udstilling af data*

Vejdirektoratet (2017), *Signalregulering og trafikledelse*

Vejdirektoratet, *Mastra-database*,
<http://www.vejdirektoratet.dk/DA/vejsektor/ydelser/programmer/Sider/Mastra.aspx>

Vejdirektoratet, *Nordic Way*

Vigo, <https://vigo.dk/om-vigo/>

Volkswagen (2017), *With the aim of increasing safety in the road traffic - Volkswagen vehicles to communicate with each other as from 2019*

Vägverket (2006), *Samåkning i Sverige 2006*, Publikation 2006:135, Vägverket, Borlänge

Washington State Department of Transportation (2007), *Doug MacDonald - Rice and Traffic Congestion*, Video, <https://www.youtube.com/watch?v=8G7ViTTuwno>

Wuxus, <http://go.wuxus.com/da/om-wuxus/>

Zhou, Y., Wang, X. (2014), *Explore the relationship between online shopping and shopping trips: An analysis with the 2009 NHTS data*, Transportation Research Part A 70, 1-9

Aarhaug, J. (2017), *Bara Ma(a)S? – Morgendagens transportsystem i storbyregioner?*, TØI rapport 1578/2017, Transportøkonomisk institutt, Oslo

Aarhus Universitet, Historisk Afdeling ved Institut for Kultur og Samfund,
www.danmarkshistorien.dk

Slutnoter

- ¹ Skatteministeriet (2017), *Besvarelse af SAU alm. del spm 352, 2016-2017*, <http://www.ft.dk/samling/20161/almdel/sau/spm/352/svar/1408972/1760352.pdf>
- ² Miljøministeriet (2013), *Fingerplan 2013 - Landsplandirektiv for hovedstadsområdets planlægning*
- ³ Miljøministeriet (2010), BEK nr. 1510 af 15/12/2010 - *Bekendtgørelse om vurdering af visse offentlige og private anlægs virkning på miljøet (VVM) i medfør af lov om planlægning*
- ⁴ I tråd med vurderingen i Metroselskabet & Hovedstadens Letbane (2017), *Megatendenser – Fremtidens kollektive transport i hovedstadsområdet*
- ⁵ Digitalt Vækstpanel (2017), *Danmark som digital frontløber – Anbefalinger til regeringen fra Digitalt Vækstpanel*, <https://www.regeringen.dk/media/3380/anbefalinger-fra-digitalt-vaekstpanel.pdf>
- ⁶ Jf. f.eks. Finansministeriet (2017), *Opdateret 2025-forløb*
- ⁷ Se blandt andet DTU Transport (2009), *Reestimation af ART – Revideret notat*
- ⁸ Bastian, A., Börjesson, M., Eliasson, J., (2016), *Explaining ‘peak-car’ with economic variables*, *Transportation Research Part A Policy and Practice* 88:236-250
- ⁹ www.Danmarkshistorien.dk.
- ¹⁰ OECD (2015), *The Metropolitan Century - Understanding urbanization and its consequences*. Rapporten når frem til, at en fordobling af bystørrelsen betyder en produktivitetstigning på 2-5%.
- ¹¹ Se DTU (2018), *Fremskrivningstendenser for persontrafikken til 2030 for beskrivelse af beregningerne*.
- ¹² Det skal dog bemærkes, at væksten i godstransporten formentlig er vokset mindre end varehandlen, fordi værdiintensiteten per ton er steget over tiden.
- ¹³ Pilegaard, N. og Nielsen, T.A.S. (2013), *Pendling i Danmark*, *Transporthorisonter*, DTU s. 147. Pendlingstidens konstans over tiden genfindes i mange lande og har givet anledning til begrebet Marchetti's constant eller Zahavi's lov.
- ¹⁴ Baseret på [Vejdirektoratets Mastra-database](#), [TomToms congestion index](#) for København, Aarhus og Odense samt [København Kommunes Trængselsindeks](#) for Hovedstadsområdet samt Transport-, Bygnings- og Boligministeriet (2013), *Trafik og trængsel på vejnettet i hovedstadsområdet*, Notat til Trængselskommissionen.
- ¹⁵ Independent Transport Commission (2016), *Recent trends in road and rail travel: What do they tell us?*, s. 12. <http://www.theitc.org.uk/wp-content/uploads/2016/12/OTM2-Policy-Analysis.pdf>
- ¹⁶ Bastian, A., Börjesson, M., Eliasson, J., (2016), *Explaining ‘peak-car’ with economic variables*, *Transportation Research Part A Policy and Practice* 88:236-250

¹⁷ Bastian, A., Börjesson, M., Eliasson, J., (2016), *Explaining 'peak-car' with economic variables*, Transportation Research Part A Policy and Practice 88:236-250

¹⁸ Lov om bæredygtige biobrændstoffer forpligter benzin- og olieselskaberne til at sikre, at mindst 5,75% af det årlige salg af benzin og diesel til landtransport udgøres af biobrændstoffer. De 5,75% skal forstås som andelen af brændstoffets samlede energiindhold. Eventuelle bidrag fra biobrændstoffer baseret på affald og restprodukter (ofte benævnt 2.-generations biobrændstoffer) tæller dobbelt i opfyldelsen af forpligtelsen. I praksis opfyldes dette ved at blande biobrændstofferne i benzinen og dieselen.

¹⁹ Energistyrelsen, Energistatistikken 2016

²⁰ Energistyrelsen, Basisfremskrivning 2017

²¹ Energistyrelsen, Basisfremskrivning 2017

²² Energistyrelsen, Basisfremskrivning 2017

²³ McKinsey & Company (2017), Self-driving car technology: When will the robots hit the road?,

²⁴ Valle, Marius (2017), *Rapport: Salget af fossilbiler halveres globalt inden 2030*, Artikel fra Ingeniøren, <https://ing.dk/artikel/rapport-salget-fossilbiler-halveres-globalt-inden-2030-208439>

²⁵ FDM (2017), *Tesla lader op til elektrisk lastbil*, Artikel fra FDM, <https://fdm.dk/nyheder/2017-11-tesla-lader-op-til-elektrisk-lastbil>

²⁶ Klimarådet (2017), *Omstilling frem mod 2030*

²⁷ Helsingør-Helsingborg overfarten er under elektrificering. Se endvidere Siemens (2016), *Elektrificering af Danmarks færgefart*.

²⁸ Vejdirektoratet (2012), *Bedre trafiksignaler*, Rapport 411

²⁹ Vejdirektoratet (2017), *Signalregulering og trafikledelse*

³⁰ Vejdirektoratet (2012), *Bedre trafiksignaler*, Rapport 411, s. 17

³¹ Vejdirektoratet (2012), *Bedre trafiksignaler*, Rapport 411

³² Se ældre, men glimrende illustration af effekten i denne film: Washington State Department of Transportation (2007), *Doug MacDonald - Rice and Traffic Congestion*, Video, <https://www.youtube.com/watch?v=8G7ViTTuwno>

³³ Taale, H., Middelham, F. (2000), *Ten Years of Ramp-Metering in The Netherlands*, Institution of Electrical Engineers (IEE), <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Adc573dc9-5f5f-4401-a166-308d58040d6b>

³⁴ Se f.eks. Trængselskommissionen (2013), *Hovedrapport - Mobilitet og fremkommelighed i hovedstaden*, s. 10

³⁵ SF park, *Pilot Project Evaluation – The SFMTA's evaluation of the benefits of the SFpark pilot project*, s. 8, http://sfpark.org/wp-content/uploads/2014/06/SFpark_Pilot_Project_Evaluation.pdf

³⁶ Cabanatuan, Michael (2017), *Plan to set SF parking rates based on demand is approved*, San Francisci Chronicle, <http://www.sfchronicle.com/bayarea/article/Plan-to-set-SF-parking-rates-based-on-demand-is-12408525.php>

³⁷ For en uddybning se Trængselskommissionen (2013), Hovedrapport - Mobilitet og fremkommelighed i hovedstaden

³⁸ Trængselskommissionen (2013), Hovedrapport - Mobilitet og fremkommelighed i hovedstaden, tabel 6.7

³⁹ Se fx seneste uddeling af puljemidler i Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen (2017), *Pulje til investeringer i kollektiv bustrafik* (Notat), <http://www.trafikstyrelsen.dk/~media/Dokumenter/06%20Kollektiv%20trafik/06%20Buspuljer/Bustrafik%20investeringspuljen/Tabel%20til%20hjemmesiden.pdf>

⁴⁰ Hvid, I. (2016), *Effektundersøgelse af busfremkommelighed*, Trafikdage 2016, http://www.trafikdage.dk/papers_2016/412_IdaHvid.pdf

⁴¹ Da der er meget få signaler i gruppen 'Mellem byerne' er denne gruppe ikke opgjort separat, men indgår i de 3 andre grupper.

⁴² SAMKOM er et landsdækkende samarbejdsforum mellem Kommunalteknisk Chefforening (KTC) og Vejdirektoratet, jf. <http://www.vejdirektoratet.dk/DA/vejsektor/samarbejde/kommuner/samkom/Sider/default.aspx>

⁴³ Transport-, Bygnings- og Boligministeriet, *Bekendtgørelse om fremkommelighedsudvalg*, BEK nr 1432 af 03/12/2015, <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=175464>

⁴⁴ En mulig tilgang kan være, hvordan Vejdirektoratet evaluerede effekten af de variable tavler på motorring 3: Vejdirektoratet (2016), *Evaluering af variable tavler på Ring 3*, http://www.vejdirektoratet.dk/DA/viden_og_data/temaer/its/Documents/M3%20evaluering/M3%20evalueringsrapport.pdf

⁴⁵ Se f.eks.: <https://www.eutruckplatooning.com/default.aspx>

⁴⁶ Se C-ITS Platform (2016), *C-ITS - Final report*, <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/its/doc/c-its-platform-final-report-january-2016.pdf>

⁴⁷ Europa-Parlamentets og Rådets Forordning (EU) 2016/679 af 27. april 2016 (Persondataforordningen) om beskyttelse af fysiske personer i forbindelse med behandlings af personoplysninger og om fri udveksling af sådanne oplysninger og om ophævelse af direktiv 95/46/EF, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/?uri=celex:32016R0679>

⁴⁸ Volkswagen (2017), *With the aim of increasing safety in the road traffic*, Volkswagen vehicles to communicate with each other as from 2019, <https://www.volkswagenag.com/en/news/2017/06/pwlan.html>

⁴⁹ Vejdirektoratet, *Nordic Way*, <http://vejdirektoratet.dk/EN/roadsector/Nordicway/Pages/Default.aspx>

⁵⁰ Asselin-Miller, N., Biedka, M., Gibson, G., Kirsch, F., Hill, N., White, B., Uddin, K. (2016), *Study on the Deployment of C-ITS in Europe: Final Report, Executive Summary*, <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2016-c-its-deployment-study-final-report.pdf>,

⁵¹ Asselin-Miller, N., Biedka, M., Gibson, G., Kirsch, F., Hill, N., White, B., Uddin, K. (2016), *Study on the Deployment of C-ITS in Europe: Final Report, Flgur 2-4, s. 14*, <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2016-c-its-deployment-study-final-report.pdf>,

⁵² Den primære udfordring pt. er ikke at komme frem til standarder, men at opnå såkaldt 'trust' mellem de kommunikerende enheder, hvilket også er fokus for EU's arbejde. SeC-ITS Platform (2017), *Certificate Policy for Deployment and Operation of European Cooperative Intelligent Trasnpot Systems (C-ITS), Release 1*, https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/c-its_certificate_policy_release_1.pdf

⁵³ Se f.eks. Digitalt Vækstpanel (2017), *Danmark som digital frontløber – Anbefalinger til regeringen fra Digitalt Vækstpanel*, <https://www.regeringen.dk/media/3380/anbefalinger-fra-digitalt-vaekstpanel.pdf>

⁵⁴ Følgende afsnit er baseret på Vejdirektoratet (2017), *EU-lovgivning i form af retsakter om udstilling af data*

⁵⁵ Se f.eks. European Commission (2014), *Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Towards a thriving data-driven economy*, COM(2014) 442 final, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/communication-data-driven-economy>

⁵⁶ Europa-Kommissionen (2017), *Forslag til Europa-Parlamentets og Rådets Afgørelse om ændring af direktiv 2010/40/EU for så vidst angår perioden for vedtagelse af delegerede retsakter*, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017PC0136&from=EN>

⁵⁷ European Union (2014), *Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council of 7 July 2010 on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport*, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:207:0001:0013:EN:PDF>

⁵⁸ Vejdirektoratet oplyser, at det pt. er uklart, om data fra Rejseplanen (jf. retsakt A) også skal udstilles i Vejdirektoratets access-punkt, da der godt kan være flere nationale access-punkter.

⁵⁹ Deloitte & Alexandra Institutet (2017), *Analyse af behov for infrastruktur for positionerings- og navigationsdata*

⁶⁰ Med de nye signaler vil der komme mere nøjagtige data om banekapaciteten, som kan bruges til optimeringen af kapacitetsudnyttelsen. Det er vigtigt, at disse data stilles til rådighed i et åbent format.

⁶¹ RSG Inc., Coogan, M., The Rand Corporation, Nygaard, N., Weinberger, R. (2017), *Understanding changes in youth mobility*, NCHRP 08-36, Task 132, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP), AASHTO

-
- ⁶² McDonald, N. C. (2015), *Are Millennials really the "Go-Nowhere" generation?*, Journal of the American Planning Association 81 (2), 90-103
- ⁶³ OECD (2017), *Transition to shared mobility*, International Transport Forum, Corporate Partnership Board Report
- ⁶⁴ Nielsen, A., Larsen, C., Galbo-Jørgensen, C (2016), *Deleøkonomiens betydning for statsvejnettet*, Rapport udarbejdet af Incentive for Vejdirektoratet
- ⁶⁵ Haustein, S., Nielsen, T.A.S (2015), *Deleøkonomi i transport: udvikling, trends og potentiale*, DTU Transport, Notat, vol. 19
- ⁶⁶ Haustein, S., Nielsen, T.A.S (2015), *Deleøkonomi i transport: udvikling, trends og potentiale*, DTU Transport, Notat, vol. 19
- ⁶⁷ Haustein, S., Nielsen, T.A.S (2015), *Deleøkonomi i transport: udvikling, trends og potentiale*, DTU Transport, Notat, vol. 19
- Nielsen, A., Larsen, C., Galbo-Jørgensen, C (2016), *Deleøkonomiens betydning for statsvejnettet*, Rapport udarbejdet af Incentive for Vejdirektoratet
- ⁶⁸ Giesel, F., Nobis, C. (2016), *The impact of Carsharing on car ownership in German cities*, Transportation Research Procedia 19, 215-224
- ⁶⁹ Nielsen, T. A. S., Haustein, S. (2015), *Før- og efterundersøgelse af deltagere i forsøgsprojektet: Kollektiv trafik og delebiler – en samlet mobilitetsløsning*, DTU Transport, Notat, Vol. 20
- Norre, L. (1999), *Hvad betyder medlemskab af en delebilklub for transportadfærden? Erfaringer fra 1997-1999*, Trafikdage på Aalborg Universitet
- ⁷⁰ Carless Consult (2017), *Evaluering af ny mobilitet (Executive Summary)*
- ⁷¹ Kortnum, K., Schönduwe, R., Stolte, B., Bock, B. (2016), *Free-floating carsharing: City specific growth rates and success factors*, Transportation Research Procedia 19, 328-340
- ⁷² Haustein, S., Nielsen, T.A.S (2015), *Deleøkonomi i transport: udvikling, trends og potentiale*, DTU Transport, Notat, vol. 19
- ⁷³ Nielsen, A., Larsen, C., Galbo-Jørgensen, C (2016), *Deleøkonomiens betydning for statsvejnettet*, Rapport udarbejdet af Incentive for Vejdirektoratet
- ⁷⁴ Agerholm, N., Møller, J., & Forman, T. (2010), *Mobilitet og personbefordring i landdistrikter: Hovedresultater fra Favrskovundersøgelsen*, Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet og Gate 21 (2014), *Kør smart, kør sammen - Analyserapport juni 2014*
- ⁷⁵ Shaheen, S., Stocker, A., Mundler, M. (2016), *Online and app-based carpooling in France: Analyzing users and practices - A study of BlaBlaCar*, TSRC, University of California, Berkeley
- ⁷⁶ Nielsen, J.R., Hovmøller, H., Blyth, P-L., Sovacool, B.K. (2015), *Of "white crows" and "cash savers:" A qualitative study of travel behavior and perceptions of ridesharing in Denmark*, Transportation Research Part A: Policy and Practice 78, 113-123
- ⁷⁷ Neoh, J. G., Chipulu, M., Marshall, A. (2017), *What encourages people to carpool? An evaluation of factors with meta analysis*, Transportation 44, 423-447

-
- ⁷⁸ Gate 21 (2014), *Kør smart, kør sammen - Analyserapport juni 2014*
Vägverket (2006), *Samåkning i Sverige 2006*, Publikation 2006:135, Vägverket, Borlänge
- ⁷⁹ Nielsen, A., Larsen, C., Galbo-Jørgensen, C. (2016), *Deleøkonomiens betydning for statsvejnettet*, Rapport udarbejdet af Incentive for Vejdirektoratet
- ⁸⁰ Alonso-Mora, J., Samaranayake, S., Wallar, A., Frazzoli, E., Rus, D. (2017), *On-demand high-capacity ride-sharing via dynamic trip-vehicle assignment*, PNAS 114 (3), 462–467
- ⁸¹ Rayle, L., Dai, D., Chan, N., Cervero, R., Shaheen, S. (2016), *Just a better taxi? A survey-based comparison of taxis, transit, and ride-sourcing services in San Francisco*, Transport Policy 45, 168-178
- ⁸² Clewlow, R.R., Mishra, G.S. (2017), *Disruptive Transportation: The Adoption, Utilization, and Impacts of Ride-Hailing in the United States*, Research Report UCD-ITS-RR-17-07, Institute of Transportation Studies, University of California Davis
- Rayle, L., Dai, D., Chan, N., Cervero, R., Shaheen, S. (2016), *Just a better taxi? A survey-based comparison of taxis, transit, and ride-sourcing services in San Francisco*, Transport Policy 45, 168-178
- ⁸³ Hampshire, R.C., Simek, C., Fabusuyi, T., Di, X., Chen, X. (2017), *Measuring the impact of an unanticipated suspension of ride-sourcing in Austin, Texas*
- ⁸⁴ Gate 21 (2014), *Kør smart, kør sammen - Analyserapport juni 2014* og Vägverket (2006), *Samåkning i Sverige 2006*, Publikation 2006:135, Vägverket, Borlänge
- ⁸⁵ Goodall, W., Fishman, T.D., Bornstein, J., Bonthron, B. (2017), *The rise of mobility as a service*, Deloitte review 20, Deloitte Development LLC
- ⁸⁶ Karlsson, I.C.M., Sochor, J., Strömberg, H. (2016), *Developing the 'Service' in Mobility as a Service: experiences from a field trial of an innovative travel brokerage*, Transportation Research Procedia 14, 3265-3273 og Sochor, J., Karlsson, M.A., Strömberg, H. (2016), *Trying out Mobility as a Service*, Transportation Research Record 2542, 57-64
- ⁸⁷ Region Hovedstaden (2017), *Ny Mobilitet - Fleksibel transport og bedre byrum – Evalueringsrapport*, Udarbejdet af Carless Consult for Region Hovedstaden
- ⁸⁸ Miramontes, M., Pfortner, M., Rayaprolu, H.S., Schreiner, M., Wulforth, G. (2017), *Impact of a multimodal mobility service on travel behavior and preferences: User insights from Munich's first mobility station*, Transportation 44 (6), 1325–1342
- ⁸⁹ Aarhaug, J. (2017), *Bara Ma(a)S? – Morgendagens transportsystem i storbyregioner?*, TØI rapport 1578/2017, Transportøkonomisk institut, Oslo
- ⁹⁰ Karlsson, I.C.M., Sochor, J., Strömberg, H. (2016), *Developing the 'Service' in Mobility as a Service: experiences from a field trial of an innovative travel brokerage*, Transportation Research Procedia 14, 3265-3273
- ⁹¹ ICP (2017), *E-handelens konsekvenser for byerne og ejendomsværdierne*, ICP A/S, Institut for Center Planlægning

⁹² Moe|Tetraplan (2017), *E-handelens betydning for trafikudviklingen*, Rapport udarbejdet for Vejdirektoratet af Moe|Tetraplan

⁹³ Lee, R.J., Sener, I.N., Mokhtarian, P., Handy, S.L. (2017), *Relationships between the online and in-store shopping frequency of Davis, California residents*, Transportation Research Part A 100, 40-52

Rotem-Mindali, O., Weltevreden, J.W.J. (2013), Transport effects of e-commerce: What can be learned after years of research?, Transportation 40, 867-885

⁹⁴ Zhou, Y., Wang, X. (2014), Explore the relationship between online shopping and shopping trips: An analysis with the 2009 NHTS data, Transportation Research Part A 70, 1-9

⁹⁵ Braithwaite, A. (2017), The Implications of Internet Shopping Growth on the Van Fleet and Traffic Activity, Royal Automobile Club Foundation for Motoring: London

Moe|Tetraplan (2017), *E-handelens betydning for trafikudviklingen*, Rapport udarbejdet for Vejdirektoratet af Moe|Tetraplan

⁹⁶ Stapleton, L., Sorrell, S., Schwanen, T. (2017), *Peak car and increasing rebound: A closer look at car travel trends in Great Britain*, Transportation Research Part D 53, 217-233

⁹⁷ ICP (2017), *E-handelens konsekvenser for byerne og ejendomsværdierne*, ICP A/S, Institut for Center Planlægning

⁹⁸ Eksempelvis Wuxus (<http://go.wuxus.com/da/om-wuxus/>), Mover (<https://www.mover.dk/about>) og Vigo (<https://vigo.dk/om-vigo/>)

⁹⁹ ERTRAC (2017), *Automated Driving Roadmap*, Version 7.0

Reuters (2017), GM plans large-scale launch of self-driving cars in U.S. cities in 2019, Business News, 30. november 2017

¹⁰⁰ Standarden blev lettere revideret i september 2016, se evt. SAE (2016), *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*, http://standards.sae.org/j3016_201609/

¹⁰¹ <http://www.audi.dk/dk/brand/da/tools/news/pool/2017/09/audi-ai-kopilot-i-den-nye-audi-a8.print.html>

¹⁰² Vejdirektoratet (2016), *MOTObA - Baggrundsnotat*

¹⁰³ Danmarks Statistik (2017), *Yngste bilpark siden 2003, Nyt fra Danmarks Statistik nr. 129, Motorparken – bestanden af personbiler*

¹⁰⁴ Vejdirektoratet (2016), *MOTObA - Baggrundsnotat*

¹⁰⁵ Egne beregninger baseret på 'Transportøkonomiske Enhedspriser' under antagelse af ens brændstofeffektivitet og kun førerens tid medregnet.

¹⁰⁶ I praksis er tættere kørsel ift. den forankørende bil tvivlsom, idet bilerne i dag kører for tæt. Til gengæld kan det give en effekt i form af reduceret antal bagendekollisioner.

¹⁰⁷ Vejdirektoratet (2015), *Trafikale konsekvenser af selvkørende biler*, s. 5

¹⁰⁸ Meyer, J., Becker, H., Bösch, P. M., Axhausen, K. W. (2017), Autonomous vehicles: The next jump in accessibilities?, ETH Zürich

¹⁰⁹ Kalra, N., Groves, D. G. (2017), *The Enemy of Good – Estimating the Cost of Waiting for Nearly Perfect Automated Vehicles*, RAND Corporation, påpeger omvendt en risiko for at udnyttelse af potentialet for større trafikssikkerhed udskydes: Hvis godkendelsesmyndigheden stiller større krav til sikkerheden for automatiseret kørsel, kan det udskyde introduktionen af selvkørende biler, hvorved man i den mellemliggende periode ikke sparer det antal ulykker, som man kunne ved en tidligere introduktion, når de i gennemsnit var sikrere end konventionelle biler.

¹¹⁰ McKinsey & Company (2017), Self-driving car technology: When will the robots hit the road?

¹¹¹ Boston Consulting Group (2017), By 2030, 25% of Miles Driven in US Could Be In Shared Self-Driving Electric Cars

¹¹² Litman, T. (2014), Autonomous Vehicle Implementation Predictions Implications for Transport Planning, Victoria Transport Policy Institute

¹¹³ Litman, Todd (2017), Autonomous Vehicle Implementation predictions – Implications for Transport Planning, Victoria Transport Policy Institute

¹¹⁴ RethinkX (2017), *Self-Driving Electric Cars Will Dominate Roads by 2030*, <https://spectrum.ieee.org/cars-that-think/transportation/self-driving/rethinkx-selfdriving-electric-cars-will-dominate-roads-by-2030>

¹¹⁵ International Transport Forum (2015), Urban Mobility System Upgrade – How shared self-driving cars could change city traffic

¹¹⁶ PA Consulting (2017), Autonomous Vehicles – What are the roadblocks?

¹¹⁷ For private bilture med kun én person udgør værdien af chaufførens tid i dag kun ca. halvdelen, selv hvis kun de marginale kørselsomkostninger medregnes. Ydermere vil tidsværdien ikke blive reduceret til nul.

¹¹⁸ Pendlingstrafikken fra de mindre stationsbyer på Sjælland til Hovedstadsområdet er et grænsetilfælde, da togturene her også bidrager til at reducere trængslen i Hovedstadsområdet.

¹¹⁹ Jf. Danmarks Statistikbank (*Kommunale budgetter for 2017, BUDK32*). Hovedstaden udgjorde 78%, de større byer 18%, mens 19 kommuner stod for de sidste 4% og 65 kommuner, dvs. to tredjedele, havde ingen parkeringsindtægter.

¹²⁰ Trafik- og Byggestyrelsen (2016), *Nøgletal for offentlig buskørsel, ekskl. handicapkørsel – Budget 2016*. Tilskuddet udgør ca. 55% af de samlede udgifter på 7,3 mia. kr. (Tabel 8). Tilskuddet per passagerkilometer var ca. 1,75 kr. per passagerkilometer i 2016 i gennemsnit og væsentligt højere i tyndtbefolkede områder (Tabel 8 og 13).

¹²¹ Se Stocker, A., Shaheen, S. (2017), Shared Automated Vehicles: Review of Business Models, International Transport Forum, Discussion Paper No. 2017-09, for en principiel oversigt.

¹²² International Transport Forum (2015), Urban Mobility System Upgrade – How shared self-driving cars could change city traffic

-
- ¹²³ Alonso-Mora, J., Samaranayake, S., Wallar, A., Frazzoli, E., Rus, D. (2017), *On-demand high-capacity ride-sharing via dynamic trip-vehicle assignment*, PNAS 2017, 114 (3), 462-467
- ¹²⁴ The Information Daily (2017), *35 driverless, electric, minibuses are “on the road” in nine countries*, <http://www.theinformationdaily.com/post/35-driverless-electric-minibuses-are-on-the-road-in-nine-countries>
- ¹²⁵ 2getthere (2016), *News – Driverless Parkshuttle*, <https://www.2getthere.eu/driverless-parkshuttle/>. Systemet betjener ca. 2.000 passagerer om dagen. Styringen er baseret på et magnetspor i vejbanen, som ikke kan overføres til blandet trafik.
- ¹²⁶ Linje 11 (CityCircle) og 11A fra 2009 til 2014.
- ¹²⁷ I COWI (2010), *Ring 3 – Letbane eller BRT?*: Ring 3 – Letbane eller BRT er der antaget 200 passagerer per letbane og 90 passagerer for BRT. Lønandelen for busdriften er anslået til 70% i 2008, mens lønandelen for letbanen er anslået til 45% af driftsomkostningerne inkl. rul-lende materiel og depot.
- ¹²⁸ Daimler, *The Mercedes-Benz Future Bus – The future of mobility*, <https://www.daimler.com/innovation/autonomous-driving/future-bus.html>
- ¹²⁹ Jf. også Trængselskommissionen (2013), *Hovedrapport – Mobilitet og fremkommelighed i hovedstaden*, s. 28
- ¹³⁰ COWI (2010), *Ring 3 – Letbane eller BRT?*
- ¹³¹ Nielsen, O. A., Ingvarsson, J. B., Andersen, J. L. E. (2014), *Trafikanalyser af et net af letbaner og BRT i hovedstaden*, DTU. Udvidelserne består fortrinsvist af letbaner, men fordelingen vurderes at være omtrent den samme.
- ¹³² Da den eksisterende Linie 1 i Paris’ Metronet overgik til førerløs drift 2011-2012 resulterede det i markant større rettidighed, jf. Gaudry (2017), *Time Reliability*, DTU Seminar den 9. oktober 2017
- ¹³³ Rambøll Parsons (2017), *Reorganisation Of The S-Bane For Driverless Operation*
- ¹³⁴ DSB (2017), *Fremtidens Tog - Beslutningsoplæg for Fase 1.5*
- ¹³⁵ CNN (2017), *Pilotless Planes could save airlines billions – But would anyone fly?*, <http://money.cnn.com/2017/08/07/technology/business/pilotless-planes-passengers/index.html?iid=EL>
- ¹³⁶ Danske regioner (2017), *Økonomiske konsekvenser af førerløse busser*
- ¹³⁷ Se f.eks. RethinkX (2017), *Self-Driving Electric Cars Will Dominate Roads by 2030*, Litman, Todd (2017), *Autonomous Vehicle Implementation predictions – Implications for Transport Planning*, Victoria Transport Policy Institute og Bösch, P. M., Becker, F., Becker, H., Axhausen. K. W. (2017), *Cost-based analysis of autonomous mobility services*, Transport Policy.
- ¹³⁸ Bösch, P. M., Becker, F., Becker, H., Axhausen. K. W. (2017), *Cost-based analysis of autonomous mobility services*, Transport Policy, <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.09.005>
- ¹³⁹ Endvidere forventer forfatterne, at ca. en tredjedel af meromkostningerne til automatiseringen kompenseres af lavere forsikring som følge af mindre sandsynlighed for uheld.

¹⁴⁰ Nielsen, O.A., Ingvarðson, J. B., Andersen, J. L. E. (2013), *Analyse af potentialet for flere letbaner i Hovedstadsregionen*, DTU, s. 6

¹⁴¹ Der er dog også kilder, f.eks. RethinkX (2017), *Self-Driving Electric Cars Will Dominate Roads by 2030*, der vurderer, at 'transport-as-a-service' med delte førerløse delekoncepter generelt vil blive den dominerende løsning på sigt bort set fra i tyndtbefolkede områder. Det baseres på en vurdering af, at omkostningerne bliver meget lavere end for private biler pga. meget høj udnyttelsesgrad.

¹⁴² International Transport Forum (2017), *Managing the Transition to Driverless Road Freight Transport*, vurderer, at det i praksis ikke er realistisk, at de europæisk regulerede kørehviletidsbestemmelser vil blive ændret i retning af længere køretider for chaufføren.

¹⁴³ For eksempel gennemførtes i 2016 European Truck Platooning Challenges på initiativ fra det hollandske EU-formandskab, www.eutruckplatooning.com. Scania har meddelt, at de vil designe verdens første full scale platooning-operation mellem udvalgte havne i Singapore i et flerårigt projekt.

¹⁴⁴ International Transport Forum (2017), *Managing the Transition to Driverless Road Freight Transport*

Producenten Einride har optimist udmeldt, at man forventer at have lastbiler uden fører på en rute mellem Göteborg og Hälsingborg allerede i 2020.

¹⁴⁵ Den normale daglige køretid må højst være $4\frac{1}{2} + 4\frac{1}{2}$ time med 45 minutters pause, jf. www.politi.dk.

¹⁴⁶ International Transport Forum (2017), *Managing the Transition to Driverless Road Freight Transport* s. 21.

¹⁴⁷ Firmaet OTTO gennemførte i oktober 2016 en 193 km highway kørsel i Colorado uden førerindgriben.

¹⁴⁸ International Transport Forum (2017), *Managing the Transition to Driverless Road Freight Transport*

Transport-, Bygnings- og Boligministeriet
Frederiksholms Kanal 27
1220 København K

Telefon 41 71 27 00
trm@trm.dk
www.trm.dk

ISBN trykt udgave: 978-87-93292-35-2
ISBN netudgave: 978-87-93292-36-9